



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MODULÁRNÍ DOPRAVNÍK

MODULAR CONVEYOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jaroslav Winter

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Bc. Jaroslav Winter**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Modulární dopravník

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte analýzu stávajících montážních systémů, na základě které stanovte specifikaci pro návrh dopravníku. Dopravník je součástí montážní linky pro výrobu automobilových sedaček.

Cíle diplomové práce:

Navrhněte základní modul dopravníku respektující specifické požadavky aplikace, včetně všech jeho periferních součástí.

Vytvořte technickou zprávu obsahující zejména:

- specifikaci dopravníku na základě analytického přístupu
- návrh základního modulu dopravníku
- výpočet pohonu a kritických komponent dopravníku
- zjednodušenou analýzu rizik
- výkresy vybraných komponent

Seznam literatury:

Hlavenka, B.: Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem, vyd. 4., Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 164 s., ISBN 978-80-214-3607-7

Kic, P.: Dopravní a manipulační stroje. I., Základy logistiky, vyd. 1., Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008, 44 s., ISBN 978-80-213-1723-9

Arnold, D., Kun, A., Isermann, H.: Handbuch Logistik, ed. Springer, 2003, p. 1072, ISBN 978-3-5-0-40110-0

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

V této diplomové práci je konstrukční návrh modulárního válečkového dopravníku, který je součástí flexibilní montážní linky na výrobu automobilových sedadel. Práce obsahuje konstrukční a funkční řešení válečkové tratě. V první části práce jsou shrnuty současné konstrukční řešení válečkových dopravníků.

KLÍČOVÁ SLOVA

válečkový dopravník, válečková trať, flexibilní montážní linka, váleček, paleta, automobilové sedadlo, modul, ergonomie, modularita

ABSTRACT

This master thesis deals with a structural design of the modular roller conveyor which is part of the flexible assembly line of automotive seats. The work includes design and functional solution for a driven roller track. Present structural design of roller conveyors is summarized in the first part of the work.

KEYWORDS

roller conveyor, roller track, flexible assembly line, roller, pallet, automotive seat, module, ergonomics, modularity



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

WINTER, J. Modulární dopravník. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Přemysla Pokorného, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016

.....

Jaroslav Winter



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Přemyslovi Pokornému, Ph.D. za možnost zpracovávat diplomovou práci pod jeho vedením. Ing. Josefu Vincencovi za poskytnuté informace a ochotu při konzultacích zpracovávaného tématu. Dále děkuji své rodině, především rodičům, za vytvoření podmínek umožňující absolvovat studium na vysoké škole.



OBSAH

Úvod	10
1 Montáž automobilových sedadel - úvod.....	11
2 Analýza stávajících montážních systémů	18
3 Motivace zdokonalování dopravníku	19
4 Konstrukce válečkových dopravníků - přehled	20
4.1 Rám	20
4.2 Pohon	20
4.3 Válečky	21
4.4 Přenos energie	22
4.4.1 Řetězy	22
4.4.2 Ozubené řemeny	24
4.4.3 Klínové drážkové řemeny.....	25
4.4.4 Kruhové řemeny	26
4.4.5 Ploché řemeny	27
4.5 Elektronika a periferie	28
4.5.1 Řízení pohonu.....	28
4.5.2 Poloha a kontrola palety	29
4.5.3 PLC	29
4.5.4 Ovládací a bezpečnostní prvky.....	29
4.5.5 Příslušenství výrobní linky	30
5 Požadavky a specifikace modulárního dopravníku	32
5.1 Vize produktu	33
5.2 Specifikace dopravníku.....	34
5.3 Specifikace palety	35
6 Návrh konstrukce.....	36
6.1 Modularita.....	36
6.2 Ergonomie.....	39
6.2.1 Analýza a implementace ergonomie.....	40
7 Výpočet a návrh modulu.....	45
7.1 Volba válečků	45
7.1.1 Zatížení od palety na jeden váleček.....	45
7.1.2 Parametry válečků	45
7.1.3 Délka válečků	46
7.2 Rozteč válečků a celková délka modulu.....	47
7.3 Převážné vlastnosti.....	49



7.3.1	Otáčky válečku	49
7.3.2	Taktovací čas linky	49
7.3.3	Počet dopravovaných předmětů	50
7.3.4	Výpočet hmotnosti	50
7.4	Odpory válečků a dopravovaných předmětů	50
7.4.1	Odpor od vlastní tíhy předmětu	51
7.4.2	Odpor vlivem valivého a čepového tření	51
7.4.3	Odpor vlivem výrobních a montážních nepřesností	52
7.4.4	Celkový odpor	52
7.5	Přenos sil z válečku na paletu	53
7.6	Návrh pohonu	53
7.6.1	Účinnost mechanického převodu mezi pohonem a válečky	53
7.6.2	Výkon pohonu	54
7.6.3	Provozní faktor	57
7.7	Návrh řízení	58
7.7.1	Ovládání motoru	58
7.7.2	Poloha palety	58
7.7.3	Informace o produktu	58
8	Konstrukční návrh	60
8.1	Bočnice	60
8.2	Výztuhy	61
8.3	Krytování	61
8.3.1	Kryty válečků	62
8.4	Vedení palety	63
8.5	Nohy	65
8.6	Uchycení snímače	65
8.7	Přenos výkonu z motoru na válečky	66
8.8	Montáž linky	67
8.9	Ergonomie modulu	67
8.10	Výsledný návrh konstrukce	68
	Závěr	69
	Použité informační zdroje	70
	Seznam použitých zkratk a symbolů	72
	Seznam příloh	75



ÚVOD

Od doby, kdy Henry Ford poprvé zavedl ve svých továrnách pásovou výrobu automobilu, uplynulo více než 100 let. Za tuto dobu se průmyslová výroba, a automobilová obzvlášť, značně změnila. Vývoj se však ubírá stále stejným směrem jako v jejich počátcích. Základní myšlenkou výroby je vyrobit potřebné množství výrobků v požadované kvalitě v co nejkratším čase neboli správnou optimalizací docílit, aby náklady na výrobu jednoho výsledného produktu byly co nejnižší.

Automobilový průmysl stojí v čele průmyslové výroby, a to především díky výrobě obrovských objemů komplexních produktů (desítky milionů automobilů ročně). Samotný automobil se pak sestává z desítky tisíc komponentů, které tvoří větší konstrukční celky. Právě díky velkým objemům a různorodosti součástek je zde kladen velký důraz na rychlost výroby a její flexibilitu.

Jedním z výrazných konstrukčních celků automobilů jsou sedadla. Ty se v současné době montují převážně na takzvaných flexibilních výrobních, respektive montážních linkách. K přesunu materiálu (produktu) se mezi pracovišti z větší části používají dopravníky. Ty jsou složeny ze samostatných sekcí, přičemž každá sekce představuje jedno pracoviště.

Cílem této práce je konstrukční návrh válečkového dopravníkového modulu neboli modulárního dopravníku, který slouží k přesunu materiálu mezi jednotlivými pracovišti montážní linky automobilových sedadel včetně jeho periférií. Dopravník je třeba navrhnout tak, aby byla dosažena maximální modularita, a výrobní linka tak mohla být co nejvíce flexibilní. To je velice důležité pro využití maximální efektivity montážní linky, jelikož objem výroby není po celou dobu výroby konstantní a mění se dle poptávky a tomu je potřeba výrobní linku přizpůsobit. Díky modulárnímu systému lze výrobní linku v případě změny poptávky rychle upravit.

Konstrukční návrh modulárního dopravníku musí mít mimo funkčních vlastností také nízké výrobní náklady, aby se jeho nasazení do výroby vyplatilo.



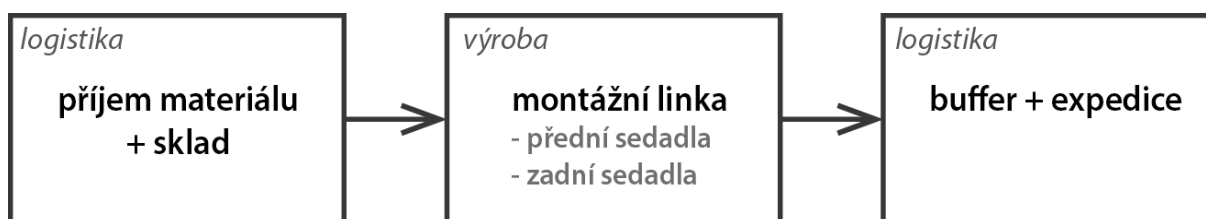
1 MONTÁŽ AUTOMOBILOVÝCH SEDADEL - ÚVOD

Trendem posledních několika desetiletí výroby v automobilovém průmyslu je neustálé zvyšování stupně automatizace, odstraňování lidského faktoru a zvyšování kontroly procesu, tedy i lepší řízení kvality výsledného produktu. Zpravidla je míra automatizace závislá na ceně pracovní síly v dané lokalitě, požadavcích na kvalitu a samozřejmě dostupnosti infrastruktury umožňující její provoz. Zároveň je zde patrný trend přesouvat výrobu maximálního množství komponent do zemí s levnější pracovní silou a v deklarované „zemi původu“ vozidla je provedena pouze finální montáž (příkladem může být Porsche Cayene – kompletní karoserie včetně dokončení interiéru je montována v Bratislavě a poté převezena do Lipska, kde je namontován pouze podvozek).

Navzdory těmto trendům je montáž sedadel z velké části manuální práce vyžadující zručnost a pečlivost operátorů. To je dáno jednak nepřesnostmi materiálu vstupujícího do procesu a dále pak vysokou obtížností automatizace práce s flexibilními materiály jako je pěna či potah. Proto je stupeň automatice montážního procesu podobný jak v západních tak i ve východních zemích. Výraznější rozdíly jsou viditelné až na expedici, která je v západních zemích maximálně automatizovaná. V Čechách je to pouze u projektů s vyšším objemem, směrem na východ pak stupeň automatizace klesá. Vzhledem k nemožnosti efektivního skladování a přepravy bývají montážní linky umístěny v blízkosti či přímo v areálu finálních montážních linek automobilů, kde je pak využívána možnost fungování v režimu „Just In Time“ a „Just in Sequence“, čímž dochází k minimalizaci nákladů na výrobu, jelikož zboží není vyráběno na sklad, ale každé sedadlo je přímo dopraveno ke konkrétnímu automobilu několik hodin po zadání jeho objednávky do systému.

Just In Time	- výroba „právě včas“. Vyrábí se v přesném množství a v daný čas dle konkrétní objednávky
Just In Sequence	- vybava jednotlivých sedadel se může výrazně lišit, objednaná sedadla jsou dopravena přesně v čas a ve správném pořadí přímo k jednotlivým automobilům

Strukturu montážního závodu sedadel můžeme všeobecně rozdělit do tří částí, což je naznačeno na Obr. 1.



Obr. 1 Tok materiálu montážním závodem sedadel



Příjem a skladování materiálu

Protože se jednotlivé komponenty vyrábějí v různých částech světa, je důležité mít dostatečnou zásobu komponent pro všechny varianty produktu i pro případ, že by došlo ke zpoždění v dodávce materiálu, protože omezení dodávek sedadel na montážní linku automobilu může způsobit až její zastavení a ztráty statisíců eur za každou hodinu, které dodavatel musí uhradit. Z tohoto důvodu tvoří sklad materiálu většinu rozlohy montážní haly. Zásoby a počet skladovaných komponent se samozřejmě liší dle komplexnosti sedadla a objemu výroby. Součástí skladu bývá také oddělení vstupní kontroly kvality vybraných komponent.

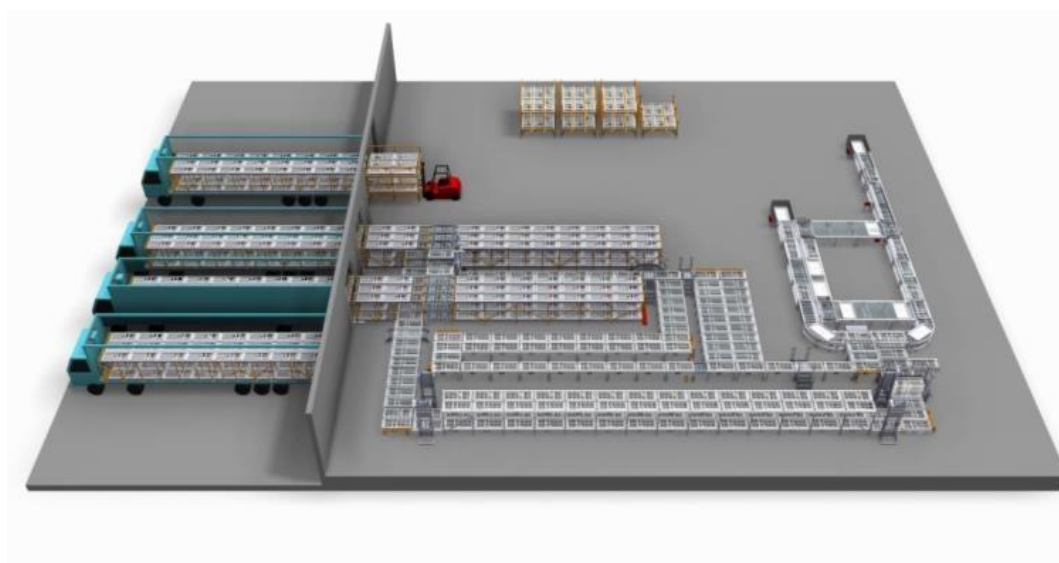
Výroba

V případě, že jsou v závodu vyráběna sedadla pouze pro jeden projekt (může zahrnovat více modelů automobilů i různých značek), bývá zde jedna linka pro montáž předních sedadel a jedna linka pro montáž zadních sedadel. Výjimečně je zde linek více, pokud jsou montována sedadla výrazně odlišných konstrukcí. Protože náplní diplomové práce je konstrukce dopravníku pro montážní linku předních sedadel, linka zadních sedadel nebude dále rozebrána.

Buffer + expedice

(Buffer - zásobník, jde o potřebnou rezervu výroby)

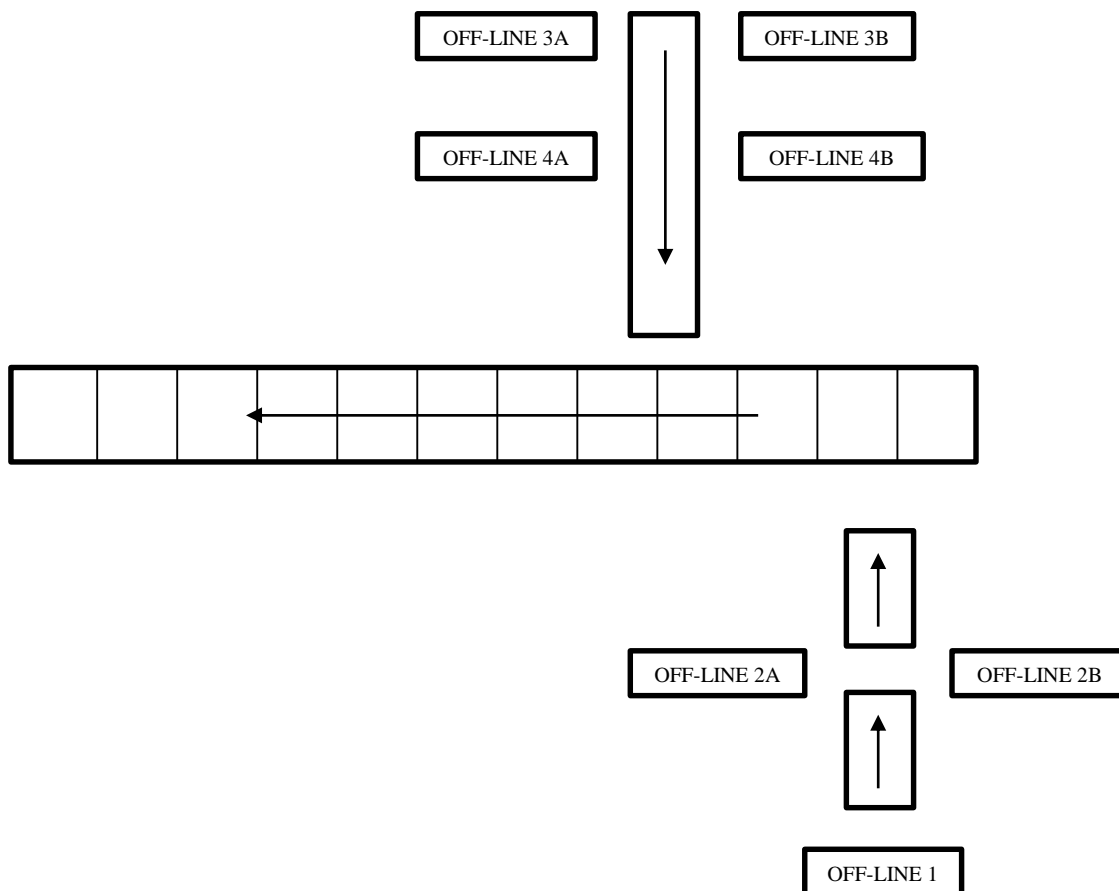
V této části probíhá překládání kompletních sedadel na expediční paletu či kontejner, případně párování předního a zadního sedadla. V závislosti na objemu a typu výroby jsou pak sedadla nakládána do nákladních automobilů nebo posílána dopravníkem přímo na montážní linku automobilu.



Obr. 2 Model expedice.[26]

Montážní linka předních sedadel - layout

Páteří montážní linky je dopravník přepravující výrobní palety, na kterých probíhá montáž sedadel. Na tento dopravník pak navazují jednotlivé větve předmontáže, z nichž největší je předmontáž sedáků a předmontáž opěradel. Celá linka je rozdělena na jednotlivá pracoviště. Pokud je pracoviště umístěno na lince, je označováno jako on-line, samostatně stojící jsou off-line pracoviště.



Obr. 3 Schematické rozvržení montážní linky předních sedadel.

Off-line pracoviště

V případě, že je na pracovišti montován díl s takzvaným „CC“ znakem nebo „SC“ znakem, je zde aplikována metodika Poka-Joke, která musí zaručit 100% kontrolu montáže a v případě neshodného výsledku zastaví proces. U těchto charakteristických operací zároveň probíhá elektronická archivace výsledků. Reálná aplikace této metody je popsána na přípravku pro předmontáž rámu opěradla firmy Mont-tech s.r.o.

Charakteristiky CC a SC

Zjednodušeně lze tuto charakteristiku vnímat jako přesně definovaný požadavek na kvalitu. Tyto charakteristiky definuje výrobce automobilů a pomocí analýzy rizik (FMEA) jim přikládá závažnost v případě selhání na stupnici od 1 do 10.

Kritická charakteristika CC – parametry mající vliv na bezpečnost produktu s možností ohrožení zdraví, či života uživatele.



Významná charakteristika SC – tyto parametry mohou ovlivnit funkčnost produktu, tvar, či provedení. Mohou také zapříčinit ovlivnění procesu výroby nebo montáže.



Obr. 4 Přípravek pro předmontáž rámu opěradla.[26]

Přípravek je vybaven řídicím systémem Siemens S7 a napojen na nadřazený řídicí systém. Operátor založí rám a naskenuje unikátní výrobní štítek. Přípravek pomocí snímačů vyhodnotí přítomnost a správný typ rámu, ověří v nadřazeném systému, zda je výrobní štítek správný, a v případě shody je rám upnut. Operátor na rám nasadí airbag a pomocí elektrického šroubováku utáhne šroub airbagu. Během této operace je vyhodnocována poloha konce šroubováku pomocí úhlového a lineárního odměřování na reakčním ramenu (pokud by operátor nedodržel správnou polohu nebo by chtěl utáhnout jiný spoj, šroubovák nebude spuštěn). Po dokončení utahování řídicí systém šroubováku vyhodnotí dosažený moment a jeho průběh v závěrečné fázi utahování (pokud se nebude shodovat s definovanými hodnotami, spoj bude označen jako NOK) a odešle tyto hodnoty do nadřazeného řídicího systému, kde jsou spárovány s výrobním štítkem a archivovány. V případě správného výsledku namontuje operátor konektor a kabeláž airbagu, případně další komponenty dle výbavy sedadla. Na závěr probíhá testování fixace airbagu tahem definovanou silou v definovaném místě, mechanické ověření přítomnosti a správné montáže airbagu a případně testování aretace modulu integrované hlavové opěry, pokud je to sportovní verze sedadla. V případě, že je jakákoli operace během předmontáže špatně provedena, je tato informace odeslána a archivována v nadřazeném ŘS a buď je umožněno operátorovy provést opravu, nebo je vyžadována přítomnost supervizora, který rozhodne, zda je díl opravitelný, a provede reset všech operací, nebo je třeba díl vyrobit znovu a stávající vyhodit. Pokud vznikne chyba v pokročilé fázi výroby, je díl systémem automaticky odeslán na repasní pracoviště, kde jsou všechny chyby opraveny.

NOK – Not Ok, neshoda



Off-line pracoviště mohou být navržena konkrétně na míru produktu a umožňují aplikaci jednoduché automatizace testů produktu. Použití jednoduchých i pokročilejších detekčních systémů avšak přináší nutnost manipulace dílů a tím i ergonomickou zátěž pro pracovníky. Manipulaci lze řešit přidáním pomocných manipulátorů či automatickým odebíráním dílů z přípravku a zavěšením např. na jednoduchý gravitační dopravník, avšak vždy jsou to přídavná zařízení vyráběná na míru konkrétní aplikaci, která s sebou nesou pořizovací a provozní náklady.

On-line pracoviště

Z důvodu standardizace, lepší ergonomie, menších vedlejších časů operací a nižších nákladů na provoz a údržbu je trendem maximum operací umístit na hlavní část montážní linky, avšak jak již bylo zmíněno, je zde snaha maximum operací automatizovat, to však sebou přináší nové požadavky na vlastnosti a konstrukci těchto linek.



Obr. 5 Montáž sedadel. [26]



PŘÍKLADY AUTOMATIZACE NA VÝROBNÍ LINCE



Obr. 6 Robotické šroubování. [26]



Obr. 7 Automatický pull test. [26]



Obr. 8 Automatický End Of Line test. [11]



Obr. 9 Robotická manipulace. [26]



2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍCH MONTÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

Pro pochopení nových požadavků je nejprve proveden rozbor stávajících a starších koncepcí montážních linek.

AKUMULAČNÍ VÁLEČKOVÝ DOPRAVNÍK S PROKLUZOVÝMI VÁLEČKY A STOPERY, AKUMULAČNÍ ŘETĚZOVÝ DOPRAVNÍK SE STOPERY

Tyto dopravníky jsou stále hojně využívány, avšak při použití v montážní lince mají mnoho nevýhod a jejich hlavní přednost, tedy akumulace, je zde spíše nežádoucí, protože na každé montážní pozici je požadována pouze jedna paleta.

Výhody

- jednoduchost konstrukce
- malé množství použitých pohonů
- možnost jednoduché akumulace
- nízká pořizovací cena

Nevýhody:

- nízká energetická účinnost
- vysoké servisní náklady na stopery
- rázové zatížení konstrukce dopravníků a tedy i snížení životnosti
- malá opakovatelnost zastavení (především při použití stoperu s tlumením)
- vibrace produktu zastavením palety ve stanici
- vysoká hlučnost

VÁLEČKOVÝ DOPRAVNÍK S PEVNÝMI VÁLEČKY A JEDNOTLIVÝMI SEKCEMI

Tento typ dopravníku je momentálně pro výrobní linky preferován, protože odstraňuje značnou část nevýhod dopravníků akumuláčnických.

Výhody:

- vysoká účinnost (motor je spuštěn pouze pro přepravu palety)
- tichý chod bez rázů

Nevýhody:

- vyšší riziko úrazu
- složitější elektroinstalace



3 MOTIVACE ZDOKONALOVÁNÍ DOPRAVNÍKU

Zvyšování flexibility

Jedním ze základních požadavků na moderní výrobní linky je jejich flexibilita během celého životního cyklu, který může dosahovat až 20 let. Během tohoto období se na lince může vystřídat mnoho modelových řad produktu a kapacita výroby může být během jejího vrcholu i několikanásobně větší než při doběhu vyráběného modelu. Neschopnost pružně reagovat na požadavky zákazníka může v krátkém časovém úseku přinést ztráty převyšující hodnotu linky, proto je důležité, aby byla linka snadno a levně upravitelná a byla tak zachována maximální ekonomičnost a flexibilita výroby.

Snižování nákladů na provoz a údržbu

Náklady na provoz a údržbu linky během jejího životního cyklu jsou například u automobilu až několikanásobně vyšší než pořizovací náklady, proto je nutné při návrhu dbát na optimalizaci spotřeby energií a standardizaci, a to i za cenu zvýšení pořizovací ceny.

Zvyšování možností automatizace a snižování její komplikovanosti

Připravenost pro automatizaci a nasazení pokročilých inspekčních nástrojů může zásadním způsobem snížit náklady na jejich nasazení a zároveň zkrátit čas cyklu odstraněním přídavného upínání, kontroly a dalších opatření.



4 KONSTRUKCE VÁLEČKOVÝCH DOPRAVNÍKŮ - PŘEHLED

4.1 RÁM

Rám tvoří základní nosnou kostru dopravního modulu. Mohou mít různou konstrukci. Jedna z možností je svařovaný rám z železných, či hliníkových profilů, do kterého jsou zasazeny válečky. Můžou být také montované ze speciálních většinou hliníkových profilů, či rozšířeného stavebnicového systému firmy Item. Velice často se také používají rámy, kde jsou válečky přišroubovány mezi dvě profilované plechové bočnice. V takovém případě jsou pak osy válečků součástí rámu, a tvoří tak nosnou konstrukci celého modulu.

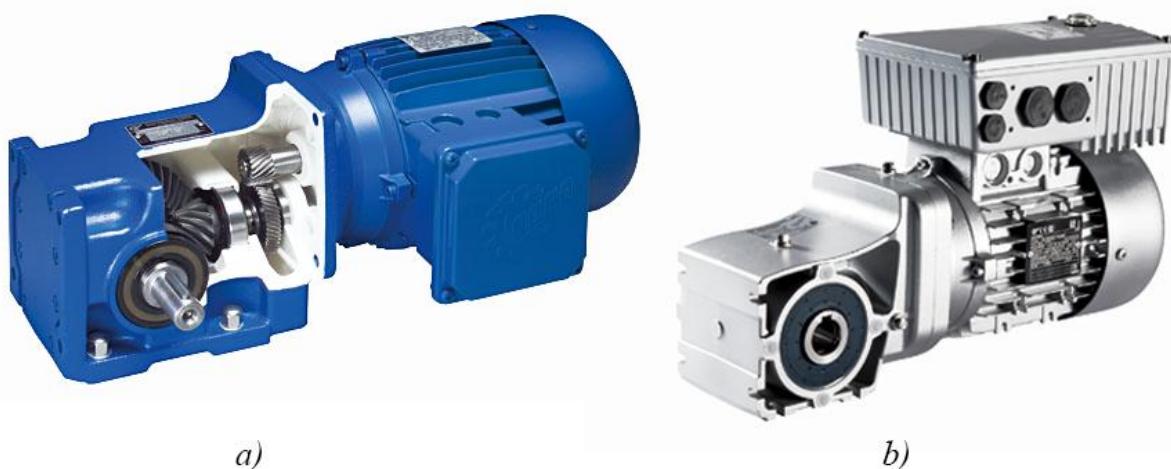
4.2 POHON

Válečky dopravníku mohou být poháněny buď externím motorem s převodovkou, nebo motorem integrovaným přímo do válečku.

Motor umístěný ve válečku využívá k redukci otáček planetovou převodovku. Tento pohon má řadu výhod (hmotnost, rekuperace, zástavbové rozměry), dosahuje však pouze malých výkonů, proto je jeho použití omezené.

U externího motoru je důležitou součástí použitá převodovka. Používají se především převodovky s kuželovými koly a převodovky s čelními koly. Podle typu převodovky se pak volí zástavbové rozměry a poloha na dopravníku.

Kuželočelní převodovka je buď v provedení s dutou hřídelí, přičemž přenos krouticího momentu je přenášen přes prodlouženou hřídel dopravníkového válečku a z něho je dále přenášen příslušným hnacím prvkem na ostatní válečky. Nebo v provedení s plnou hřídelí, která je osazena řemenicí, či ozubeným kolem. Toto provedení je finančně nákladnější oproti čelní převodovce, ale umožňuje umístění motoru na bok dopravníku, což umožňuje snížit celkovou výšku dopravníku.



Obr. 10 Kuželová převodovka s elektromotorem firmy Nord a) s plnou výstupní hřídelí b) s dutou výstupní hřídelí. [9]



Čelní převodovka je pouze v provedení s plnou výstupní hřídelí osazena řemenicí, nebo ozubeným kolem.

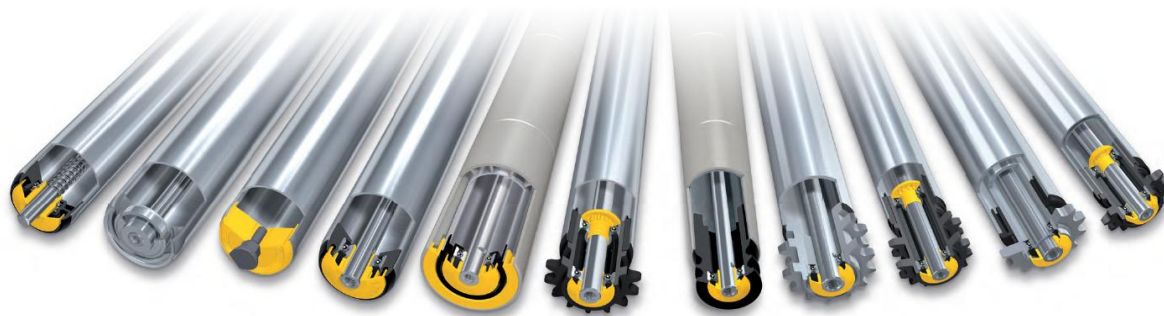


Obr. 11 Čelní převodovka s elektromotorem firmy Nord a) v patkovém b) přírubovém provedení. [9]

Obdobně jako převodovku s kuželovými koly lze použít i převodovku se šnekovým soukolím.

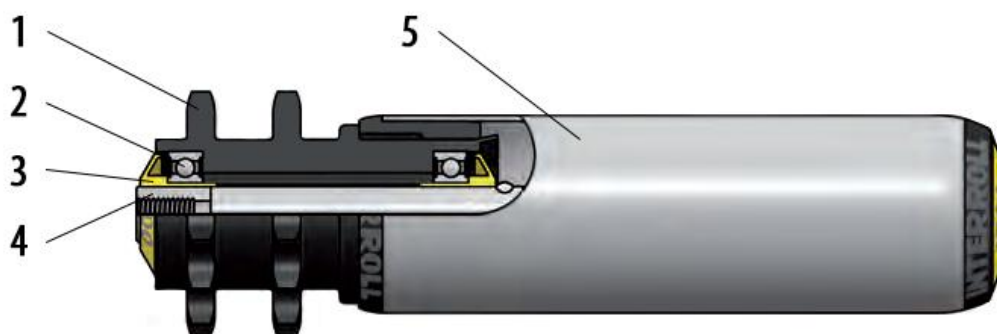
4.3 VÁLEČKY

Hlavní částí dopravníku jsou válečky, jelikož tvoří dopravní orgán. Podpírají a přemísťují dopravovaný předmět. Válečky jsou otočně uloženy v rámu a jejich základní rozměry a charakter jsou dány normou ČSN 26 4501 (vydána v roce 1994).



Obr. 12 Série dopravníkových válečků firmy Interroll. [7]

Základ válečku je trubka, jejíž materiál, průměr a tloušťka stěny určují zatížení a funkčnost dopravníkového válečku. Ta je uložena většinou na valivých kuličkových ložiscích na ose. Osa může být vyhotovena v mnoha provedeních podle způsobu uložení v rámu dopravníku. Po obou stranách je pak váleček opatřen těsněním, nejčastěji z polyamidu. Pro přenos kroutícího momentu jsou válečky opatřeny příslušnou hnací hlavou. Ta může být dle velikosti zatížení buď z polymeru, nebo oceli. Pro optimalizaci povrchu trubky, pro odhlučnění a zvýšení součinitele tření mezi válečkem a přepravovaným materiálem se používají speciální návleky z PVC, či PU.



Obr. 13 Popis poháněného válečku:

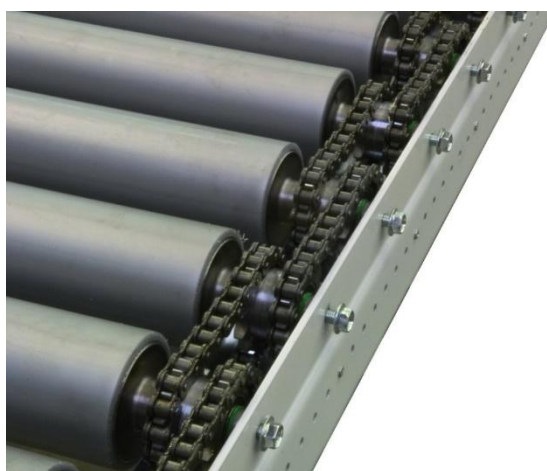
1 – hnací hlava, 2 – kuličkové ložisko, 3 – těsnění/kryt, 4 – osa, 5 – trubka [7]

4.4 PŘENOS ENERGIE

Přenos krouticího momentu z motoru na jednotlivé válečky lze realizovat mnoha způsoby, přičemž se rozlišuje prostředek, kterým je přenos realizován, a způsob, jakým je prostředek použit. Jako prostředek přenosu síly na dopravníkové válečky lze použít řetěz, ozubený řemen, klínový řemen, kruhový řemen a ploché řemeny. Tyto prostředky se dají aplikovat buď tečně, nebo opásáním.

4.4.1 ŘETĚZY

Výkon je u řetězových převodů přenášen mezi řetězovými koly řetězem tvarovým stykem, tudíž nedochází ke skluzu a střední hodnota převodového poměru je konstantní. Tyto převody jsou robustní s dlouhou životností a nejsou citlivé na znečištění a vliv okolí. Je možné s nimi přenášet velké výkony a jejich účinnost je 98 až 99 %. Z těchto důvodů je řetěz osvědčený prostředek k pohonu dopravníkových válečků v dopravní technice. [7], [5]



Obr. 14 Ukázka pohonu pomocí opásaného řetězu. [12]



Na druhou stranu řetězy vyžadují údržbu a v provozu jsou relativně hlučné. Musí se pravidelně mazat, aby bylo dosaženo dobré životnosti. Vzhledem k silně narůstající hladině hluku se nedoporučují rychlosti přesahující $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. [7],[5]

Pohon tečným řemenem

U tohoto typu pohonu pohání jediný řetěz všechny dopravníkové válečky dráhy. Montážní délka dopravníkového válečku je kratší než u pohonu opásáním, protože hnací hlava sestává pouze z řetězového kola. Pohon tečným řetězem se vyznačuje velmi dobrou účinností a jednoduchou konstrukcí.

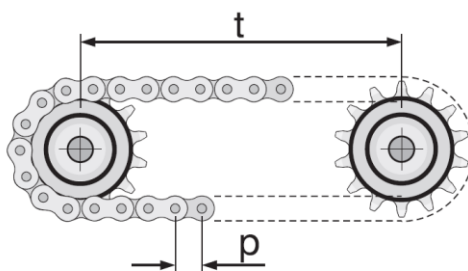
Řetěz může být veden podél spodní nebo horní strany dopravníkových válečků. Přesné umístění vedení řetězu vůči dopravníkovým válečkům je mimořádně důležité. Maximální výšková vůle činí $0,5 \text{ mm}$. Hnací stanice motoru musí být namontována tak, aby hnací větev řetězu byla co možná nejkratší. Je žádoucí, aby byla stanice motoru navíc vybavena zařízením k nastavení napnutí řetězu. [7]

Pohon opásáním

Kroutící moment je v tomto případě přenášen z jednoho válečku na druhý pomocí řetězové smyčky. Válečky jsou spojeny vždy ve dvojici. Dopravníkové válečky proto vyžadují hnací hlavy se dvěma řetězovými koly, které vyžadují vyšší ochranu záběru, než je tomu u pohonů tečných.

Není nutné vedení řetězu. Rozteč dopravníkových válečků vyžaduje přesné tolerance, protože závisí na vzdálenosti rozteče řetězu. Maximální délka dráhy, která je poháněna stanicí motoru, je omezena dovoleným zatížením na mezi pevnosti řetězu. Řetěz je přitom u stanice motoru vystaven nejvyššímu zatížení. Tolerance pro rozteč dopravníkových válečků t a dovolená zatížení na mezi pevnosti jsou uvedeny v následujícím obrázku. [7]

Rozteč řetězu "	P mm	Tolerance pro t mm	Zatížení na mezi pevnosti N
3/8	9,52	0 až -0,4	9100
1/2	12,70	0 až -0,5	18 200
5/8	15,88	0 až -0,7	22 700
3/4	19,05	0 až -0,8	29 500
1	25,40	0 až -1,0	58 000

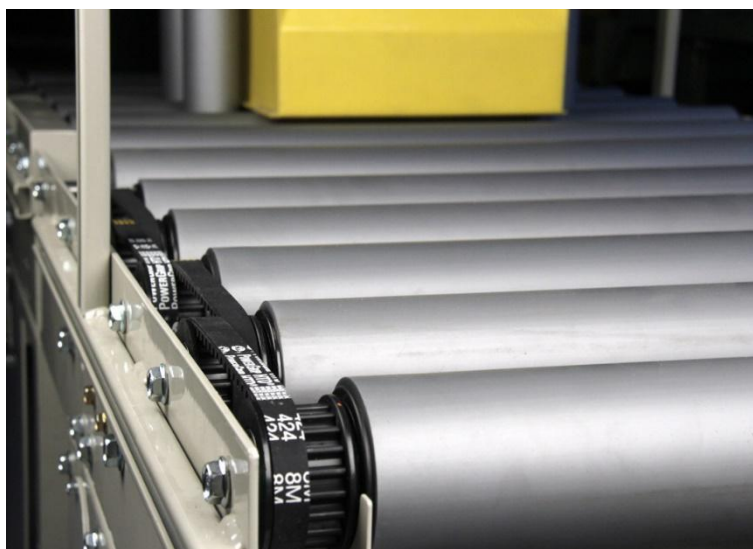


Obr. 15 Hodnoty tolerancí roztečí děr při pohonu opásáním. [7]



4.4.2 OZUBENÉ ŘEMENY

Podobně jako u řetězu je výkon mezi řemenicí a řemenem přenášen tvarovým stykem. Nedochází tedy ke skluzu jako u ostatních řemenů a hnací a hnaná řemenice se otáčejí stejnou úhlovou rychlostí. Jejich výhody jsou především v plynulém a tichém chodu. Mezi další výhody patří také velmi široký rozsah provozních rychlostí, malé předpětí, a tedy i malé zatížení os, ložisek a minimální nutnost údržby. Dosahují účinnosti 97 až 99 %. [10]



Obr. 16 Ukázka pohonu pomocí opásání ozubeným řemenem. [12]

Není nutné mazání a dodatečné napínání řemene, je ale zapotřebí, aby rozteč děr pro uložení válečků v rámu byla velmi přesně provedena. Pokud tomu tak není, dochází k velkému snížení životnosti. Tolerance pro děrování udává samotný výrobce řemenů a mnohdy se značně liší. [10]



Obr. 17 Ozubený řemen Poly Chain GT. [13]



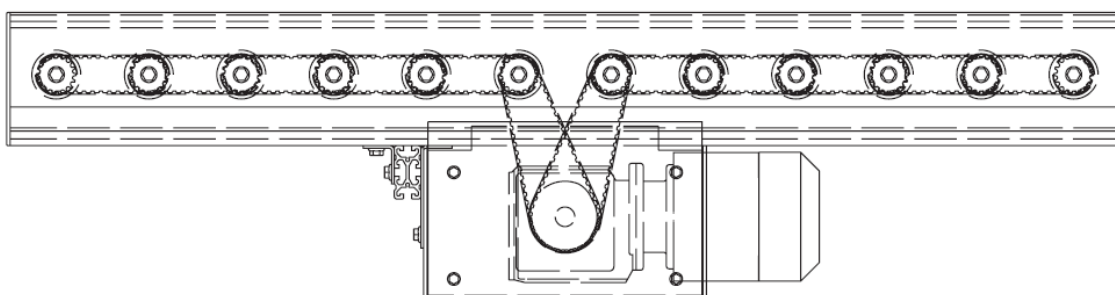
Pohony ozubeným řemenem se používají především v technice dopravy palet nebo v automobilovém průmyslu pro přepravu speciálních palet. Ozubené řemeny nelze použít při přepravě do oblouku. [7]

Pohon tečný

Jako tečný pohon by se měly ozubené řemeny používat jen pro relativně malé výkony. Je třeba dbát na to, aby speciálním vedením byly řemeny bezpečně přitlačovány na hnací hlavu. [7]

Pohon opásáním

Ozubené řemeny se používají převážně jako opásané. Zde je možné realizovat vysoké krouticí momenty s vysokými rychlostmi. Nevýhodou je sklon ke znečištění a vysoké požadavky na přesnost děrování v profilech. [7]



Obr. 18 Přenos výkonu z pohonu na válečky opásaným řemenem. [7]

4.4.3 KLÍNOVÉ DRÁŽKOVÉ ŘEMENY

V dopravní technice se smí používat pouze řemeny Poly V s pružnými tažnými vlákny. Tyto řemeny jsou dostatečně pružné a usnadňují montáž. Pružností tažných vláken je umožněno překlenutí tolerance děr v rámu pro montáž válečků a použití řemenů v obloucích. [7]



Obr. 19 Pohon opásaným klínovým řemenem. [7]



Výkon je na rozdíl od ozubených řemenů přenášen prostřednictvím tření, a dochází zde tudíž ke skluzu. I tak je ale přenos krouticího momentu velice dobrý a umožňuje krátkou rozběhovou a brzdovou dráhu. Řemeny také umožňují akumulaci v oblouku. [7], [10]

Klínové řemeny se používají v dopravní technice pouze jako opásané, protože tečně není možná účelná realizace přenosu krouticího momentu.

U dopravníků s řemeny Poly V s více než 15 dopravníkovými válečky dochází u každého dopravníkového válečku k poklesu otáček o jednu otáčku za minutu. [7]

Pohon opásáním

Kvůli vyššímu předepnutí řemenů v porovnání s kruhovými řemeny se při instalaci válečků využívají montážní přípravky.



Obr. 20 Montážní přípravek firmy Interroll. [7]

4.4.4 KRUHOVÉ ŘEMENY

Kruhové řemeny jsou v dopravní technice široce rozšířenou metodou přenosu krouticího momentu. Vyznačují se jednoduchou manipulací při instalaci a nízkými náklady. Nevýhodou je malý přenos výkonu a relativně krátká životnost. [7], [10]

Tečný pohon

Při použití u přímých dopravníků nevyžadují dopravníkové válečky žádné hnací prvky. Kruhový řemen běží také na hladké trubce. Dopravníkové válečky vlastní vahou doléhají na řemen, který se posune ve směru otáčení. [7]

Přenos výkonu je relativně malý. Na stanici motoru se musí počítat s napínacím prvkem. Symetrickým průřezem se kruhové řemeny hodí také jako pohon pro oblouky. K tomu se musí namontovat vratné válce, které spolehlivě spojují kruhové řemeny se všemi dopravníkovými válečky a vrací je zpět. [7]

Pohon opásáním

- Z dopravníkového válečku na dopravníkový váleček.
Nejčastější způsob použití kruhových řemenů. Vždy jeden kruhový řemen spojuje právě dva dopravníkové válečky. Prochází zpravidla (kruhovými) drážkami v dopravníkovém válečku. Montáž je jednoduchá a často se řemeny využívají v kombinaci s vnitřně poháněným válečkem.



Obr. 21 Přenos krouticího momentu pomocí kruhových řemenů. [14]

- Z hnací hřídele na válečky.

Toto je rovněž velmi rozšířené použití kruhových řemenů. Přitom se celý dopravník uvádí do pohybu hnací hřídelí procházející podélně pod válečkovou dráhou. Z hnací hřídele je pak proveden rozvod kruhovým řemenem na jednotlivé válečky, které jsou vůči ní natočeny o 90° . Každý dopravníkový váleček má zpravidla pouze jednu (kruhovou) drážku. Při prokluzování řemene dochází k značnému zkrácení jeho životnosti.



Obr. 22 Kruhový řemen s centrální rozvodnou hřídelí. [7]

4.4.5 PLOCHÉ ŘEMENY

Ploché řemeny se často používají jako pohon válečkových dopravníků, protože mají jednoduchou konstrukci a nevyžadují téměř žádnou údržbu. Dopravníkové válečky jsou velice levné, jelikož nevyžadují žádné speciální hnací hlavy a mohou se použít pouze hladké trubky. Ploché řemeny však vyžadují určité předepnutí. [5]

Tečný pohon

Ploché řemeny prochází pod válečkovým dopravníkem a přítlačné kladky je tlačí k dopravníkovým válečkům. Napínací kladky je možné elektronicky řídit, a docílit tak přenosu výkonu pouze na určité válečky.



Obr. 23 Tečný pohon plochým řemenem. [7]

Pohon opásáním

Tento způsob přenosu výkonu není v provedení s plochými řemeny vhodný.

4.5 ELEKTRONIKA A PERIFERIE

Dopravník určený pro výrobní linku obsahuje množství elektroniky a příslušenství, které buď zajišťuje samotný chod dopravníku, nebo usnadňuje, či umožňuje potřebný způsob výroby.

4.5.1 ŘÍZENÍ POHONU

Pro plynulost a přesnost pohybu palety po dopravníku je zapotřebí regulovat otáčky motoru. To je v případě externího asynchronního elektromotoru zajištěno frekvenčním měničem, který změnou frekvence dokáže měnit hodnotu otáček motoru. U motorů vestavěných přímo ve válečku je regulace zajištěna řídicím systémem dle konkrétního výrobce. U firmy Interroll je toto rozhraní nazývané DriveControl.



Obr. 24 Váleček s integrovaným motorem a řízením firmy Interroll. [7]



4.5.2 POLOHA A KONTROLA PALETY

Na každé výrobní paletě je konkrétní a přesně definovaný výrobek. Aby bylo možné při výrobě zohlednit individualitu každé palety, je zapotřebí každou paletu přesně rozeznat. Všechny palety jsou vybavené RFID čipem, který nese veškeré informace o daném výrobku.

Informace je načtena pomocí RFID snímače, který je umístěn na každém modulu, a předána vhodným způsobem pracovníku výroby (viz níže).

Při výrobě je nutné kontrolovat přesnou pozici palety na modulu. Paleta musí vždy zastavit přesně na pracovní pozici tak aby, mohla proběhnout montáž sedadla. Dopravník je proto vybaven indukčními snímači, které rozpoznají přítomnost palety a předají signál do řídicí jednotky, pro zastavení, či rozběh motoru.



Obr. 25 Indukční a RFID snímače. [15]

4.5.3 PLC

Veškeré řízení dopravníkového modulu je zajištěno prostřednictvím PLC (Programmable Logic Controller = Programovatelný logický automat). Jedná se o malý „průmyslový počítač“, který přijímá informace ze všech snímačů a frekvenčního měniče. Na základě těchto informací je pak schopen v reálném čase řídit procesy na příslušném úseku montážní linky, které probíhají v cyklech. PLC je také napojené na centrální počítač, odkud je možné dané procesy programovat a ovládat.

4.5.4 OVLÁDACÍ A BEZPEČNOSTNÍ PRVKY

Chod montážní linky je řízen elektronicky pomocí počítače. Spouštění jednotlivých sekcí modulu a jejich časování je tedy kompletně automatické, přesto je nutné, aby dopravníkový modul obsahoval základní prvky k jeho ovládání.

Na modulu je umístěn ovládací panel pro jeho spuštění a vypnutí. Nezbytnou součástí pak musí být také nouzové stop tlačítko.

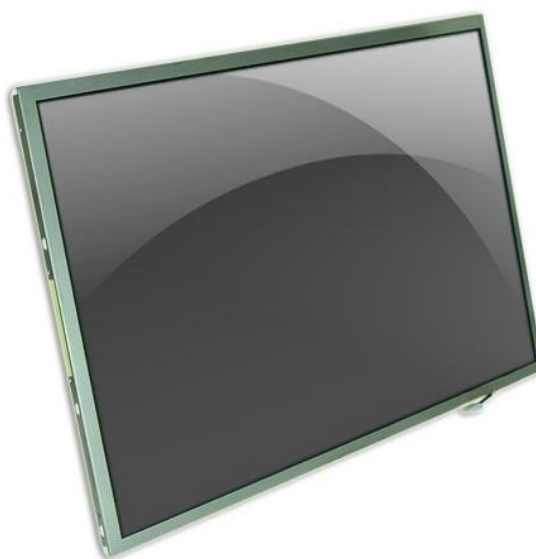


4.5.5 PŘÍSLUŠENSTVÍ VÝROBNÍ LINKY

Montážní linka se skládá ze samotného válečkového dopravníku a z příslušenství, které je nezbytné pro montáž sedadel. To je většinou umístěno na konzoli vedoucí podél celého dopravníku.

LCD PANEL

Vybraná pracoviště jsou vybavena obrazovkou, na které se zobrazují návody a informace o dané paletě načtené RFID snímačem.



Obr. 26 LCD panel. [16]

OSVĚTLENÍ

Nezbytnou součástí výrobní linky je dostatečné osvětlení. To je stále ve většině případů zajištěno prachotěsnými zářivkovými svítidly.



Obr. 27 Prachotěsné zářivkové svítidlo. [17]



FOTOAPARÁT

Velice důležitým krokem ve výrobě je výstupní kontrola a zaznamenání stavu výrobku před expedicí. K tomuto účelu se pořizují fotografické snímky všech sedadel. Jelikož je požadována stále vyšší kvalita záznamů a průmyslové řešení splňující takovéto požadavky je velice nákladné, používají se za tímto účelem klasické nízkonákladové zrcadlové fotoaparáty.

Fotoaparát je řízen elektronickou dálkovou spouští.

SIGNALIZACE

Aby bylo možné z dálky a na první pohled rozeznat, v jakém stavu se nachází montážní linka, osazují se montážní linky barevným signalizačním světelným semaforem. Ten dle potřeb a zvyklostí výrobce signalizuje základní stavy linky.

Zelené barvy se využívá pro situaci, kdy je linka v provozu a probíhá montáž. Opačný stav většinou značí červená. Čekání na servisní techniky, chyba v programu cyklu, či jiné prostoje nebo problémy ve výrobě pak můžou značit například modrá nebo oranžová barva.



Obr. 28 Signalizační světelný čtyřbarevný semafor. [18]

NÁSTROJE A NÁŘADÍ

Pracovní pozice se individuálně osazují různými držáky na nástroje potřebné k vykonání operace. Jedná se především o speciální utahovací elektrické, či pneumatické klíče, nebo šroubováky. Stejně tak jsou moduly osazeny koši pro zásobu montovaných součástek.



5 POŽADAVKY A SPECIFIKACE MODULÁRNÍHO DOPRAVNÍK

Konstrukční část práce řeší návrh modulárního dopravníku, který bude součástí montážní linky na výrobu automobilových sedadel. Při návrhu musí být respektovány požadavky zákazníka a obecné postupy při navrhování strojního zařízení.

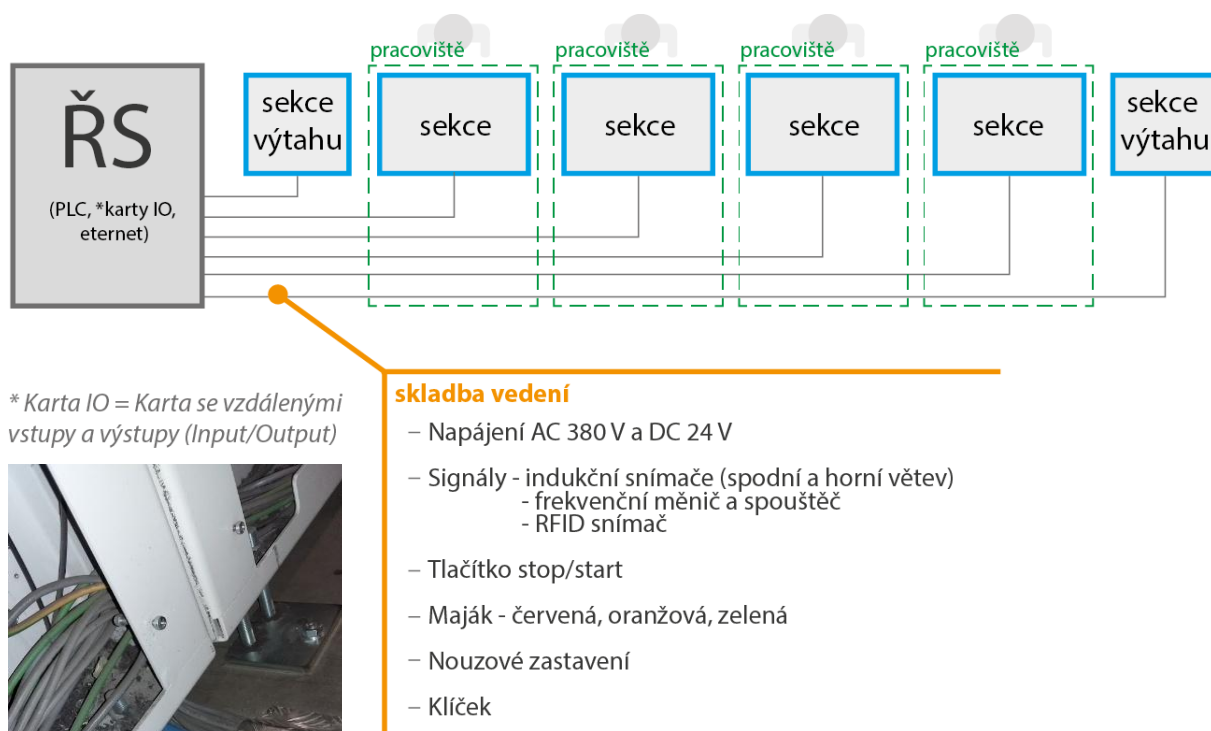
Požadavky zákazníka (firma Mont-tech s.r.o.)

Hlavní požadavek je navrhnout základní modul dopravníku respektující specifické požadavky aplikace včetně všech jeho periférií. Tyto požadavky vyplývají z analýzy stávajících montážních systémů, které byly popsány v úvodu práce a vycházejí ze zkušenosti firmy Mont-tech s.r.o. a vlastního pozorování ve výrobních závodech v Mladé Boleslavi a Bezděčíně.

Výsledky pozorování

Montážní linka je tvořena dopravníkem přepravujícím speciální palety na uchycení konkrétních typů sedadel. Dopravník lze rozdělit na jednotlivé sekce, kterým ve většině případů odpovídá stejný počet pracovišť. Každá sekce má samostatný pohon a je řízena centrálním řídicím systémem Obr. 29. Sestává se ze dvou úrovní, přičemž v horní úrovni probíhá montáž sedadel a spodní úroveň slouží pro návrat prázdných palet.

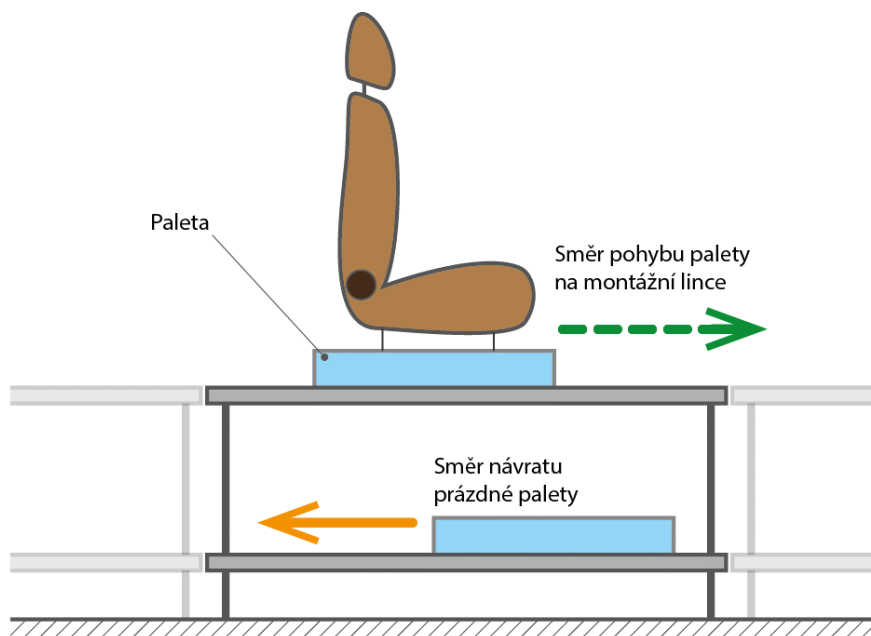
Začátek a konec linky je osazen výtahy, které přemísťují palety mezi horní a spodní úroveň. Do výrobní linky může být zařazen také akumulční dopravník pro hromadění dokončených sedadel či prázdných palet.



Obr. 29 Schéma propojení montážní linky



V horní větvi je nutné zajistit opakovatelně přesné zastavení palety v pracovní pozici. Paleta se pohybuje pouze z jedné pracovní pozice na druhou, tedy z jedné sekce na druhou. Ve spodní větvi probíhá návrat palety bez zastavení od konce linky až na její začátek, či po sekci obsazenou paletou. Pohyb palet ve spodní a horní větvi dopravníku je naznačen na Obr. 30, kde šipky značí směr a kontinuitu pohybu palety.



Obr. 30 Schéma sekce dvouúrovňového dopravníku s naznačeným pohybem palety.

5.1 VIZE PRODUKTU

Z výše uvedených požadavků byla navržena vize budoucího produktu. Na základě, které byly zvoleny technické specifikace a vytvořeno konkrétní konstrukční řešení.

Vize

Dopravník pro výrobu automobilových sedadel, jehož největší předností jsou nízké výrobní náklady, modularita a minimální potřebný čas pro instalaci a nastavení. Dopravník navrhnutý s ohledem na ergonomické požadavky operátorů linky a bezpečnostní předpisy. Je uživatelsky přívětivý, bezpečný a jednoduchý.

Stěžejní vlastnosti dopravníku vyplývající z vize:

- Modularita
- Cena
- Minimální časová náročnost
- Jednoduchá obsluha



5.2 SPECIFIKACE DOPRAVNÍKU

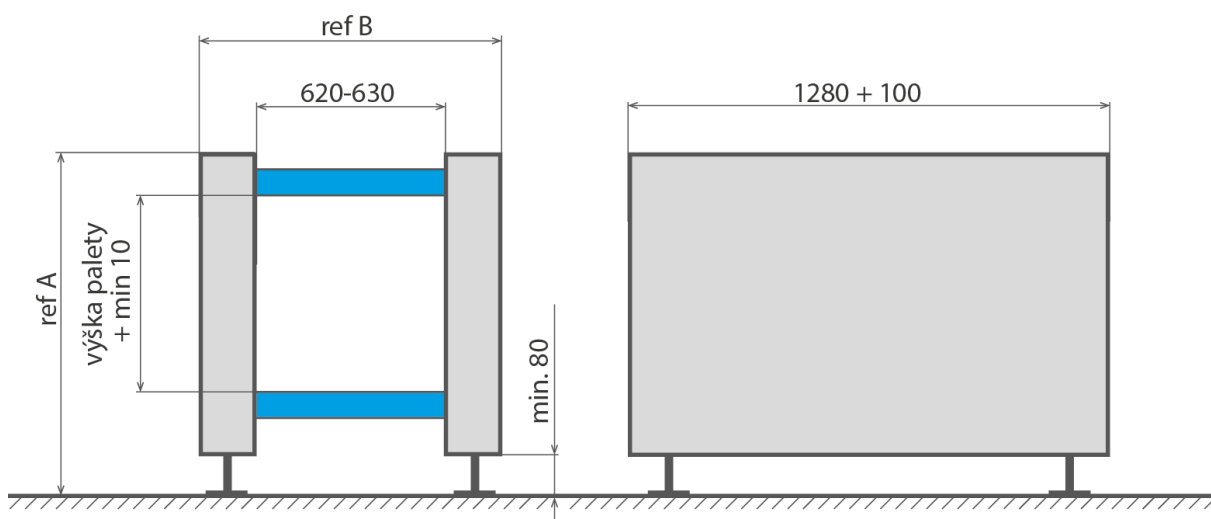
Celková délka modulu:	1280 + 100 mm
Pracovní šířka modulu:	620-630 mm (nastavitelné)
Pracovní výška modulu:	nastavitelná +/-50
Provozní teplota:	17-35°C
Dopravní rychlost:	26 m·min ⁻¹
Dopravní výkon výrobní linky:	90 ks·hod ⁻¹
Přesnost zastavení na pozici:	+/- 5 mm

Celý modul musí být možné přepravovat pomocí vysokozdvizného vozíku.

Obě úrovně dopravníku je nutné ovládat a pohánět samostatně. Proto je vyžadován samostatný pohon pro každou větev.

Specifikace nakupovaných komponent

- motory - vyžadovány od firmy SEW.
- válečky - upřednostňována firma Interroll.



ref A - bude stanovena na základě ergonomických požadavků

ref B - závislost na volbě válučku, ergonomických požadavcích a volbě nakupovaných komponentů

Obr. 31 Specifikace dopravníku

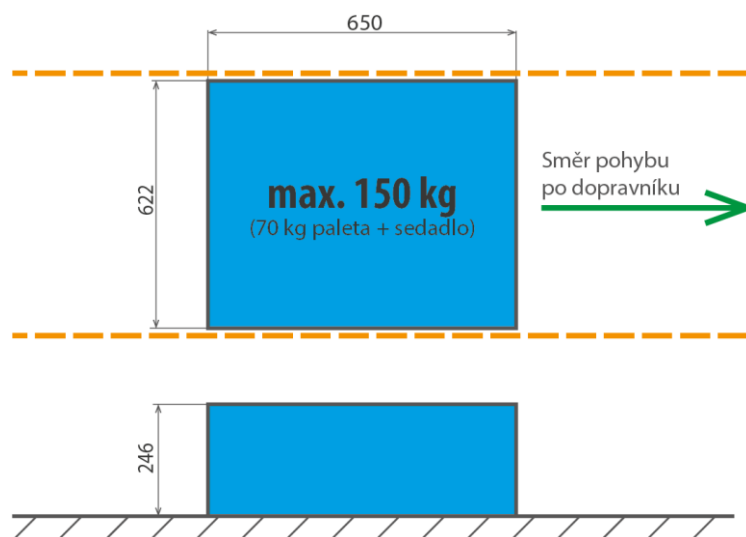


5.3 SPECIFIKACE PALETY

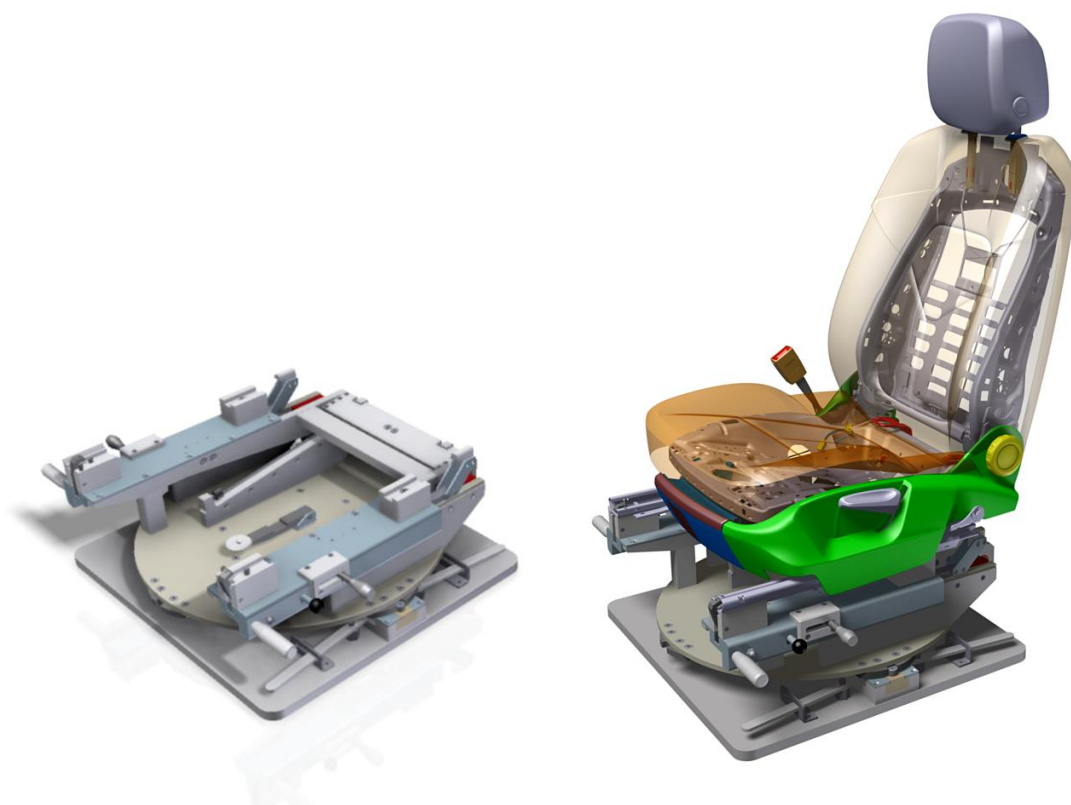
Základnu palety tvoří hliníková deska o rozměrech 650 x 622 mm, na které je otočný a výklopný mechanismus pro potřebnou manipulaci se sedadlem během výroby. Palety se liší pouze konstrukcí mechanismu a přípojevacími rozměry pro různé typy sedadel.

Hmotnost prázdné palety: přibližně 70 kg.

Hmotnost palety se sedadlem: max. 150 kg



Obr. 32 Specifikace palety



Obr. 33. Speciální paleta pro uchycení sedadel.



6 NÁVRH KONSTRUKCE

Konstrukce musí splňovat požadavky a specifikace zákazníka a musí v ní být implementovány stanovené vize. Aby bylo možné toto splnit, je nutné zabývat se zvlášť jednotlivými oblastmi a na základě poznatků z nich vyvodit patřičné důsledky na konstrukci.

Pro lepší orientaci byly zpracovány stručné úvody do těchto problematik:

- Modularita
- Ergonomie

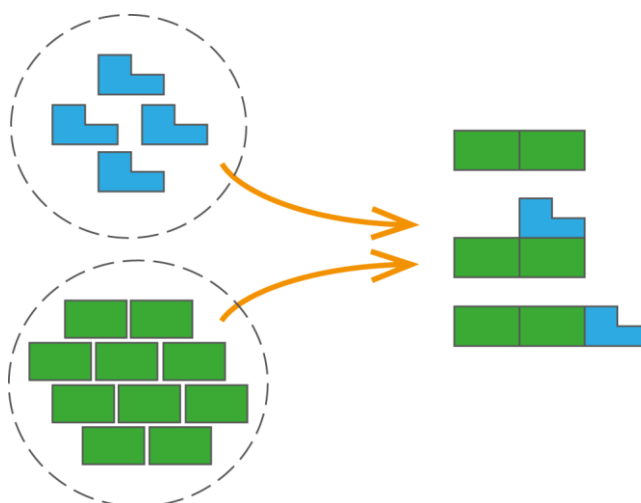
6.1 MODULARITA

Modularita je hojně využívána jak v průmyslových a vědních oborech, tak například v managementu, informatice, biologii. Dokonce i v samotné přírodě se modularita vyskytuje. Z toho vyplývá mnoho výkladů a definic pro tento termín. Jelikož je tato kapitola pouze pro dovysvětlení, budou zde uvedeny jen základní pojmy a principy vztahované především k průmyslové modularizaci.

MODULARIZACE

Rozdělení systému do menších stavebních prvků (modulů), které mohou být vytvořeny nezávisle se specifickým rozhraním a následně použity v různých systémech. Modulární systém lze charakterizovat funkčním rozdělením do jednotlivých rozšiřitelných, opakovaně použitelných modulů. Modulární systémy používají dobře definované rozhraní a průmyslové standardy pro rozhraní. Cílem modularizace je snížit celistvost produktu. [21]

Produktová platforma (modulární systém) je sestaven z různých stavebních bloků (modulů). Jelikož obsahuje standardní moduly a moduly, které danou platformu odlišují, je možné sestavit velké množství různých konečných produktů. Viz Obr. 34.



Obr. 34 Produktová platforma (přepřacováno z [21])



Modul je základní člen, který může být spojen s ostatními moduly pomocí definovaného rozhraní. Jeho funkční nezávislost umožňuje samostatný vývoj a změny. [21]

Výhody modularizace

- Snížení nákladů – používáním standardizovaných modulů ve více produktech
- Flexibilita návrhu.
- Zkrácení doby vývoje – možnost vyvíjet moduly samostatně a přebírat moduly do dalších generací produktu.
- Umožňuje vyrábět více variant produktu bez zvyšování složitosti interní struktury společnosti.
- Snadnější administrace jednodušších celků místo komplexních produktů.
- lepší kontrola změnového řízení – není nutné testovat celý produkt.
- Není nutná změna výrobního systému pro uvedení nové generace – produkt nemusí být měněn kompletně.

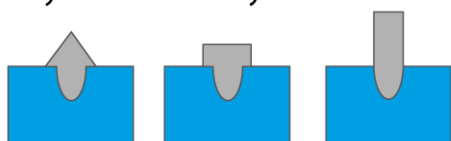
Nevýhodou modularizace (záleží na rozsahu modularity)

- Horší optimalizace pro výkon.
- Obtížnější zajištění stejných vlastností pro kombinace všech modulů (napříč více společnostmi)

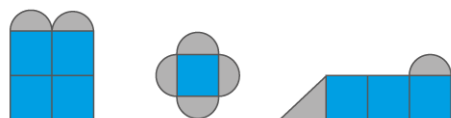
Rozdělení modularity

Na Obr. 35 je znázorněno rozdělení modularity na jednotlivé druhy, které vychází z knihy William J. Abernathy and James M. Utterback, “Patterns of Industrial Innovation,” Technology Review, June/July 1978. [21]

1. Výměnné moduly



2. Sekční modularita



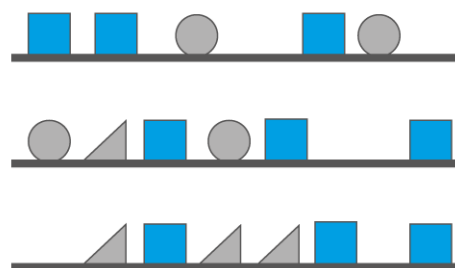
3. Parametrická modularita



4. Sdílené komponenty



5. Sběrníková modularita



Obr. 35 Rozdělení modulárních struktur (přepřacováno z [21])

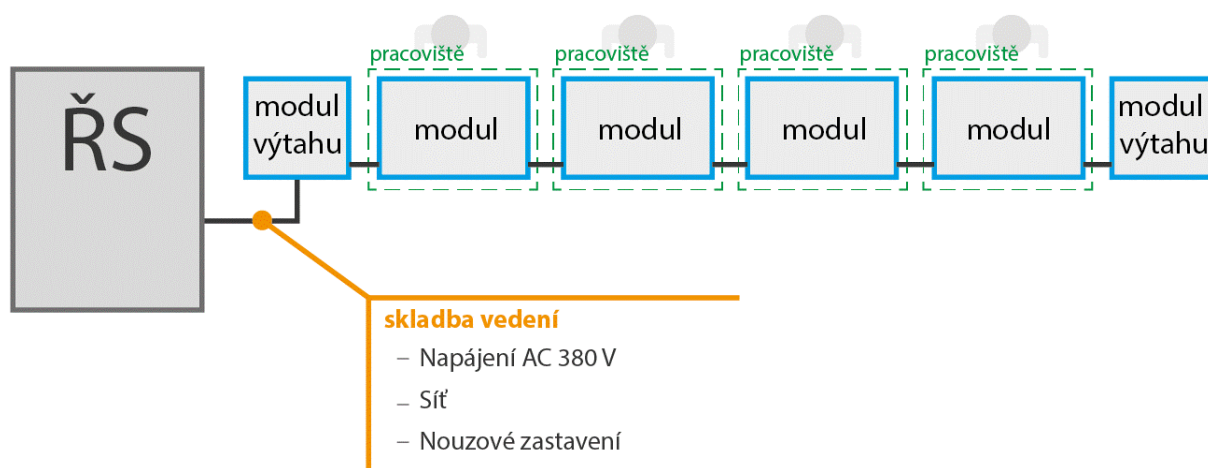
ANALÝZA A IMPLEMENTACE MODULARITY

Modularita je pro konstrukci stěžejní vlastností. Především proto, aby bylo možné vytvořit stavebnicový systém dopravníku, který umožní variabilní sestavování výrobní linky dle aktuálních potřeb výroby. To znamená zejména přidávání a ubírání pracovišť, vkládání otočí, křížovatek, či jiných aktuálně potřebných prvků linky. Dále je to rychlost a jednoduchost instalace linky a její následné údržby.

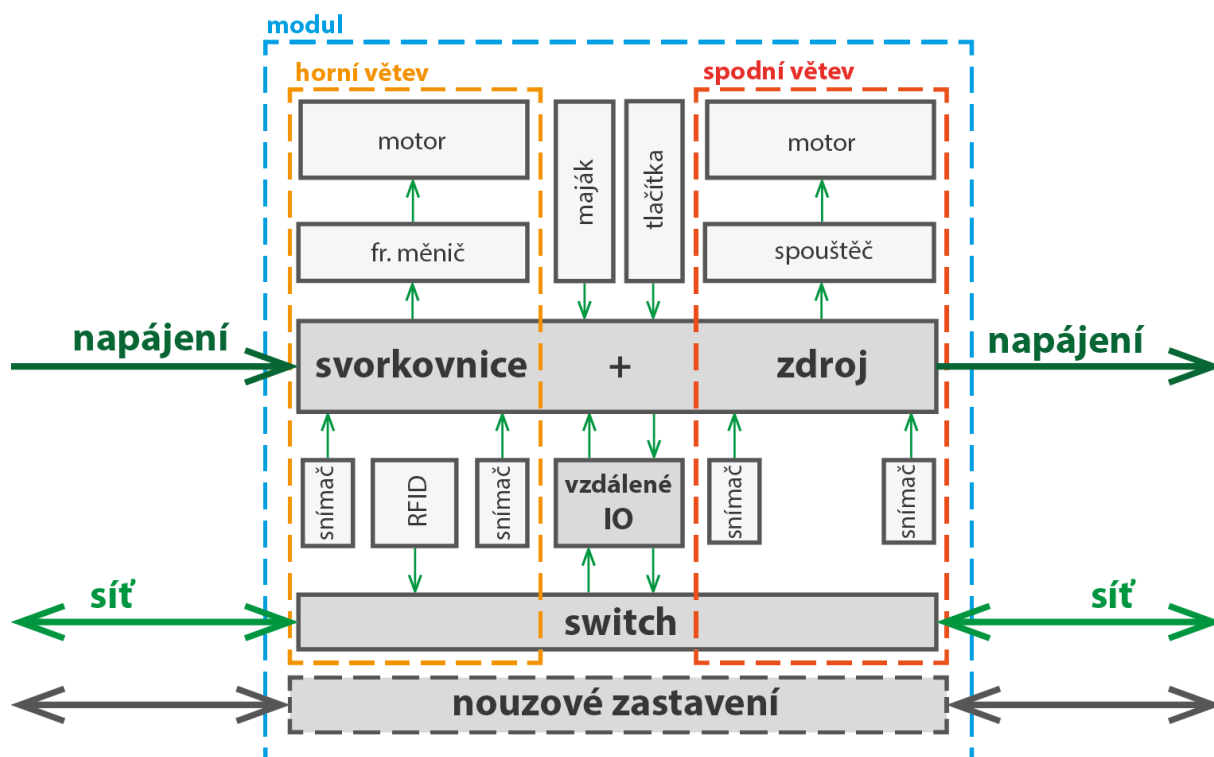
Největší problém při implementaci modularity je s vedením elektroinstalace, která v současném řešení prochází všemi sekcemi (Obr. 30) a činí tak linku velmi těžko rozebíratelnou.

Řešení:

Bylo navrženo sériové uspořádání, kde jsou jednotlivé moduly propojeny mezi sebou pouze síťovým a napájecím kabelem, které je vidět na Obr. 36. Zapojení komponent v modulu pak schématicky znázorňuje Obr. 37.



Obr. 36 Modulární zapojení montážní linky



Obr. 37 Schéma propojení komponent v modulu.

6.2 ERGONOMIE

Ergonomie je charakterizována jako multidisciplinární obor, který komplexně řeší člověka (v rámci pracovního systému), jeho vazby (člověka a stroje v pracovním procesu) s pracovním vybavením (v užším slova smyslu se strojem) a pracovním prostředím (fyzikálním, chemickým, biologickým, organizačním a sociálním). Cílem je všechny tyto aspekty působící na jedince na daném pracovišti optimalizovat vzhledem k pracovní zátěži. [19]

Už z obsáhlosti vyplývá, že ergonomie má celou řadu definic a rozdělení. Mezinárodní ergonomická společnost IEA zavedla v roce 2000 rozdělení následující:

„Fyzická ergonomie se zabývá vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Uplatňuje přitom poznatky anatomie, antropometrie, fyziologie, biomechaniky apod. Patří sem například problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, opakované pracovní činnosti, profesionálně podmíněná onemocnění, zejména pohybového aparátu, uspořádání pracovního místa, bezpečnost práce.“ [20]

„Kognitivní (psychická) ergonomie je zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti, jako například na percepci, paměť, usuzování, apod. Patří sem psychická zátěž, procesy rozhodování, dovednosti a výkonost, interakce člověka – počítač, pracovní stres apod.“ [20]

„Organizační ergonomie je zaměřena na optimalizaci sociálních systémů včetně jejich organizačních struktur, strategií, postupů atd. Patří sem lidský systém v komunikaci, zajištění



pocitu komfortu, týmová práce, sociální klima, režim práce a odpočinku, směnová práce a podobně.“ [20]

Jelikož se práce zabývá konstrukčním návrhem nového transportního zařízení jako celku a ne konkrétního pracoviště na montážní lince, omezí se tato kapitola pouze na ergonomii „fyzickou“, tedy na faktory, které budou pro většinu pracovišť linky společné, zejména pak na problematiku pracovní polohy a okolnosti s ní spojené.

LEGISLATIVA

Konstrukce strojních zařízení je podřízena normám. Z hlediska ergonomie je aplikace norem doporučena normou ČSN EN 13861. Strojní zařízení by mělo být konstruováno v souladu zejména s normami ČSN EN 292-1, ČSN EN 292-2, ČSN EN 614-1, ČSN EN 614-2. [22]

Dále jsou v České republice podmínky ochrany zdraví při práci stanoveny nařízením vlády č. 361/2007 Sb. se změnami: 68/2010 Sb., 93/2012 Sb., 9/2013 Sb., 32/2016 Sb.

RIZIKA SPOJENÁ S ERGONOMIÍ

V dnešní době je ergonomii věnována velká pozornost ať už při návrhu produktu a jejím působením na uživatele, tak při výrobě produktu z pohledu operátorů. Právě ve výrobě jsou ergonomické faktory přísně sledovány, a to kvůli pracovním úrazům (nemoci z povolání), které z nedodržování mohou plynout. Státní zdravotní ústav nebo Státní úřad inspekce práce vedou podrobné statistiky ať už o pracovních úrazech, či nemocích z povolání. Pro nastínění důležitosti ergonomie jsou v Tab. 1 uvedené nemoci z povolání vlivem přetěžování končetin evidované Státním zdravotním ústavem v letech 2005 - 2014.

Tab. 1 Nemoci z povolání vlivem přetěžování končetin [18]

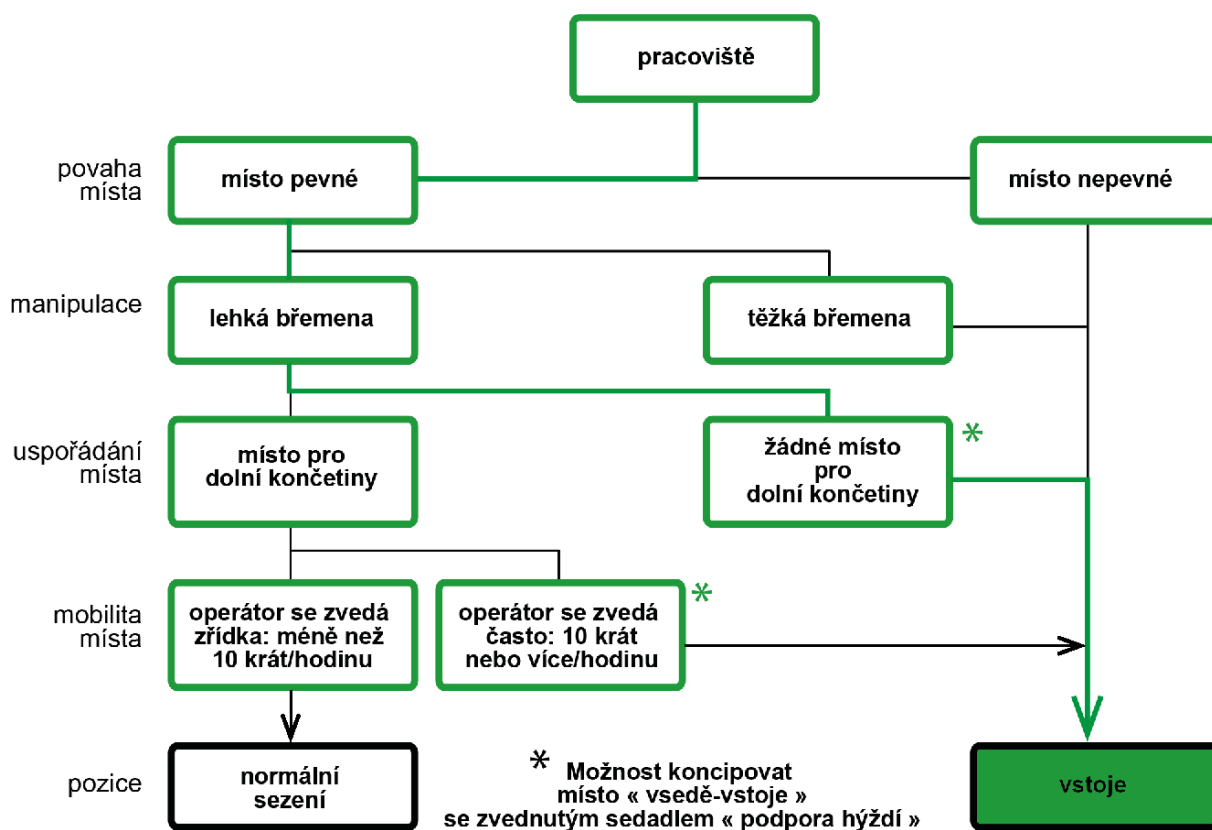
Rok	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
Počet případů	341	290	312	390	406	332	430	361	291	305

Pro firmy jsou pracovní úrazy, či nemoci z povolání velkými náklady, proto si často požadavky plynoucí z norem ještě zpřísnují a vytvářejí si vlastní ergonomické standardy na základě norem a zkušeností.

6.2.1 ANALÝZA A IMPLEMENTACE ERGONOMIE

HLAVNÍ PRACOVNÍ POLOHA

Pro posouzení ergonomie pracoviště je nutné znát pracovní polohu, ve které bude operátor montážní úkony provádět, tedy polohu těla zaujatou operátorem. Postup, jakým se provádí určení vhodné pozice, je znázorněno na Obr. 38 vycházející z francouzské normy AFNOR NFS 35-104 [23].



Obr. 38 Analytická metoda stanovení hlavní pracovní polohy (přepřacováno z [23])

POLOHA VSTOJE

Na základě analýzy pracovního místa (viz Obr. 38) byla vybrána poloha vstoje.

- **Výhody polohy vstoje**
 - Umožňuje volný pohyb
 - Zvětšuje užitný pracovní prostor
 - Lze použít větší fyzickou sílu, pokud je zajištěna dobrá opora nohou a je využita celá váha těla
- **Nevýhody polohy vstoje**
 - Statické zatížení svalů dolních končetin
 - Složitě používání nožního ovládání
 - Dlouho trvající stání může způsobit bolest zad

S polohou vstoje dále souvisejí další aspekty ergonomie. Rozebrány budou pouze základní, které mají přímý vliv na konstrukci dopravníku.

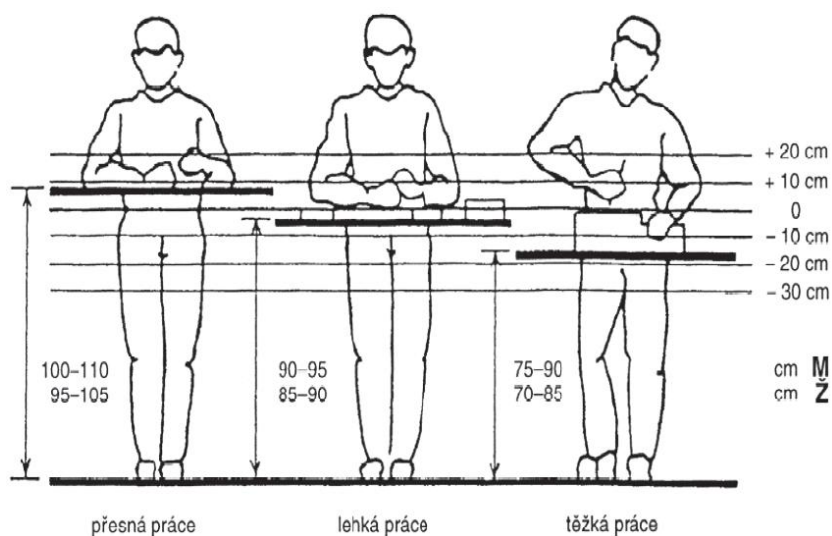
- Pracovní výška a pozice ramen
- Pracovní dosah horních končetin a náklon trupu

PRACOVNÍ VÝŠKA

Z hlediska charakteru vykonávané práce se doporučuje výška pracovní plochy [22]:

- obecně 5 - 10 cm pod úroveň loktů
- pro vykonávání jemných prací 5-10 cm nad úroveň loktů
- pro manuální práce 10 – 15 cm pod úroveň loktů
- pro vykonávání těžkých prací 15 – 40 cm pod úroveň loktů

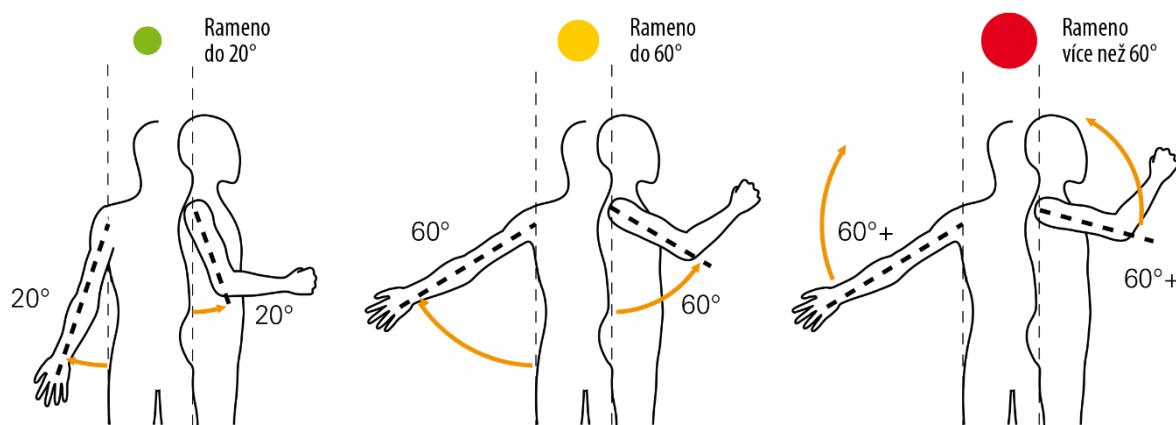
Optimální výška pracovní roviny by měla být přizpůsobena antropometrickým rozměrům konkrétního operátora. Jelikož je ale dopravník navrhován do třísměnného provozu, tak se antropometrické rozměry operátorů daných směn liší. Z tohoto důvodu je nutné přijmout předpoklad průměrné výšky operátora a jí odpovídající výšku pracovní roviny Obr. 39.



Obr. 39 Doporučované výšky pracovní plochy pro průměrně vysokého muže a ženu [22]

Zdravotní problémy spojené s výškou pracovní roviny

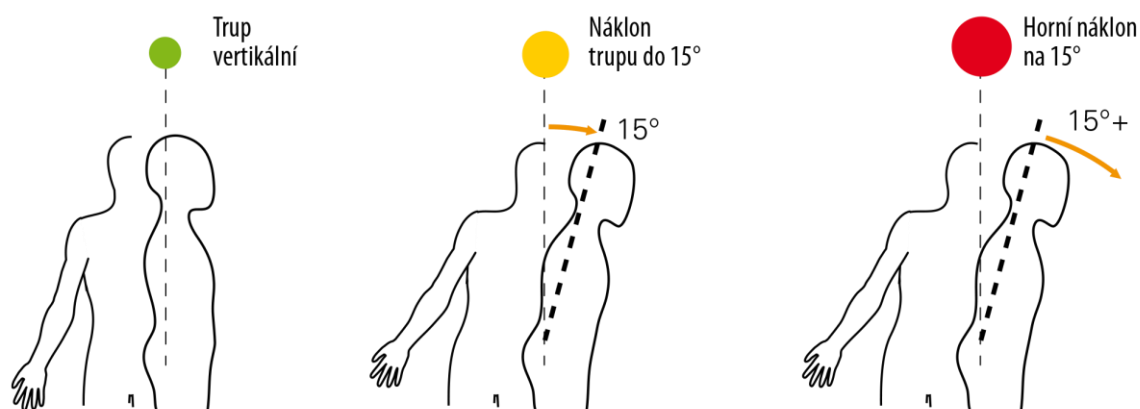
Za pracovní u roviny je při návrhu považována výška, ve které se provádí konkrétní pracovní úkon. S touto výškou jsou spojené nucené pohyby horních končetin, které mohou při dlouhodobém trvání vést ke zdravotním problémům. Na obrázku Obr. 40 jsou znázorněny stupně nebezpečí vzniku zdravotních komplikací v závislosti na pracovní pozici horních končetin trávající více jak 1 hodinu denně dle Valeo standardů.



Obr. 40 Stupně rizika zdravotních komplikací v závislosti na pracovní pozici horních končetin.
Zelená = bez rizika, žlutá = zvýšené riziko, červená = vysoké riziko [23]

PRACOVNÍ DOSAH

Vhodné uspořádání a umístění komponent při montáži a s tím spojená jejich dostupnost pro horní končetiny (dosah) jsou přesně definovány v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Pro účely této práce je však dosah brán z hlediska rizik, které z něho mohou vyplývat, a to zejména náklon trupu. Na Obr. 41 jsou znázorněny stupně nebezpečí vzniku zdravotních komplikací v závislosti na náklonu trupu bez opření trávající více jak 1 hodinu denně dle Valeo standardů.



Obr. 41 Stupně rizika zdravotních komplikací v závislosti na náklonu trupu.
Zelená = bez rizika, žlutá = zvýšené riziko, červená = vysoké riziko [23]



ERGONOMIE KONSTRUKCE

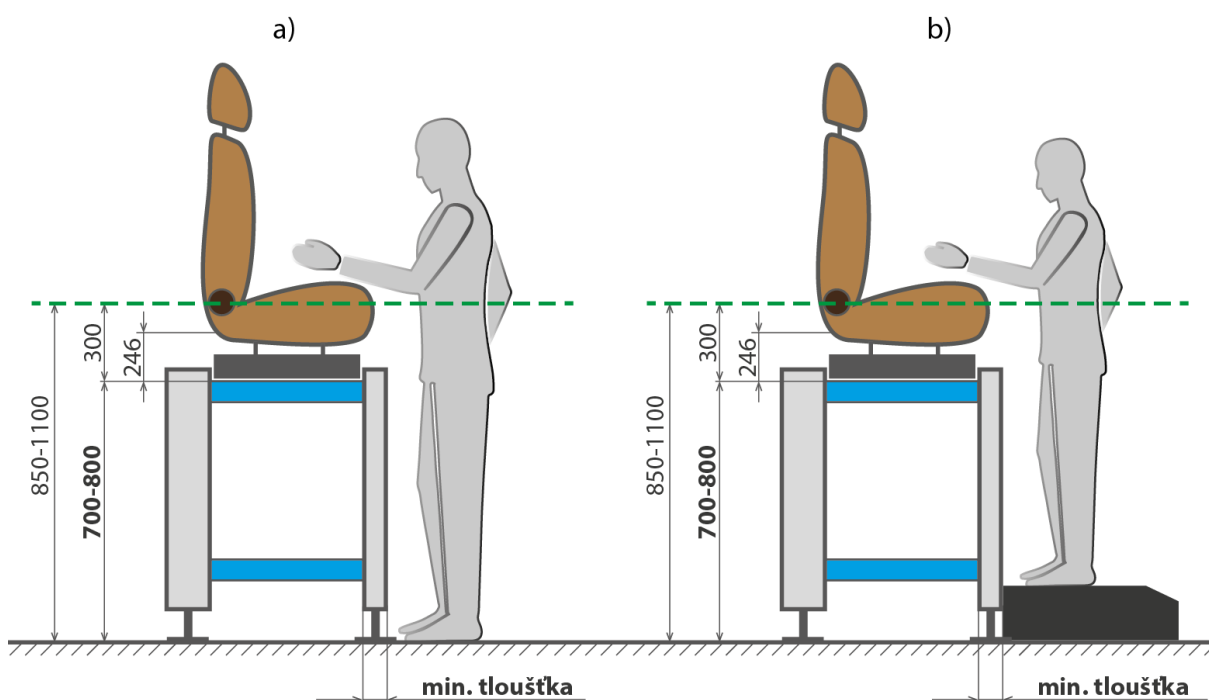
Z výše dosažených poznatků vyplívají některé požadavky na konstrukci dopravníku.

Tloušťka bočnice

Operátor musí mít zajištěn dobrý přístup k montované sestavě, aby při výkonu montážních operací nedocházelo k nežádoucímu náklonu trupu. Toto je možné z hlediska konstrukce zajistit minimální tloušťkou bočnice na straně operátora.

Výška dopravníku

Z hlediska charakteru vykonávané práce (Obr. 39) můžeme montáž sedadel považovat za lehkou až jemnou práci. Tomuto zařazení odpovídá, pro muže a ženu, rozsah doporučené výšky pracovní roviny 850 – 1100. Montážní úkony probíhají v různých výškách, nejvíce operací se však provádí v oblasti sedáku, tedy přibližně 300 mm od základny palety. Pracovní výška tedy může být v rozsahu 550 – 800 mm. V případě menší výšky operátora či výše položeného pracovního úkonu je možné vybavit pracoviště stupínkem (Obr. 42/b). Opačný případ není možné dodatečně řešit, proto byla zvolena výška pracovní roviny 750 +/- 50 mm (700-800 mm). Viz Obr. 42.



Obr. 42 Požadavky na ergonomii konstrukce



7 VÝPOČET A NÁVRH MODULU

7.1 VOLBA VÁLEČKŮ

7.1.1 ZATÍŽENÍ OD PALETY NA JEDEN VÁLEČEK

Přepravovaná paleta spočívá na k_1 válečcích. Jelikož rozložení sil působící na válečky díky nerovnoměrnému kontaktu válečků s paletou není stálé a velikosti se v závislosti na tom úměrně mění, je pro další výpočty nutné přijmout předpoklad, že hmotnost palety m_p se rovnoměrně rozloží mezi zatížené válečky a na 1 váleček připadne zatížení q_v . [1]

$$q_v = \frac{m_p}{k_1} = \frac{150}{3} = 50 \text{ kg} \quad (1)$$

Při přepravě může nastat krajní situace, kdy paleta spočine pouze na jednom válečku, jedná se však o velice krátkodobé zatížení. K co nejrovnoměrnějšímu rozložení hmotnosti palety na válečky je nutné přesné uložení válečků v rámu. K lepšímu rozložení hmotnosti napomůže také 5mm PVC návlek, kterým budou vybrané válečky potaženy. Přesto je však vhodné při volbě příslušného válečku vzít krajní situaci v úvahu.

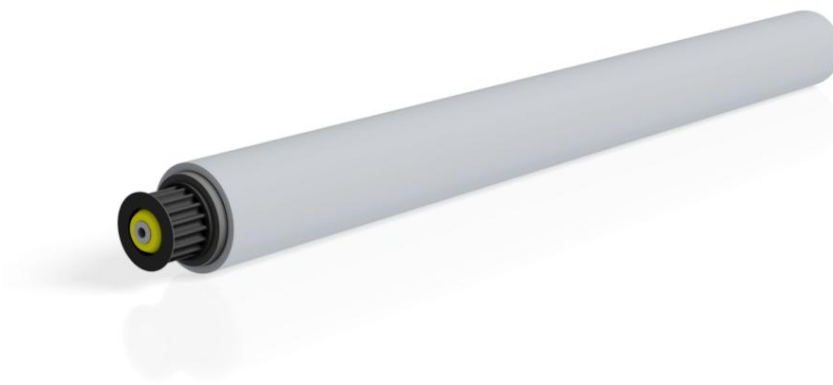
7.1.2 PARAMETRY VÁLEČKŮ

Zadáním jsou požadovány válečky od firmy Interroll.

Z dosažených poznatků o pohonech byl jako prostředek pro přenos síly z pohonu na dopravníkové válečky zvolen ozubený řemen.

Dle maximálního dovoleného zatížení na váleček a typu hnací hlavy byla z katalogu vybrána série válečků 3500. Pro kontrolní výpočet byl použit volně dostupný software firmy Interroll Roller calculation 3.4, který obsahuje mezní podmínky zatěžovacího stavu od hmotnosti palety. [4]

Válečky z řady 3500 se vyrábějí v průměru 50 mm a 60 mm. Oba tyto průměry byly u firmy Interroll poptány a pro modul byla zvolena levnější a lehčí varianta válečku o průměru trubky 50 mm. U vybraného menšího průměru sice dojde ke zvýšení valivého odporu, nicméně dojde také ke snížení potřebného kroutícího momentu k rozpohybování palety.

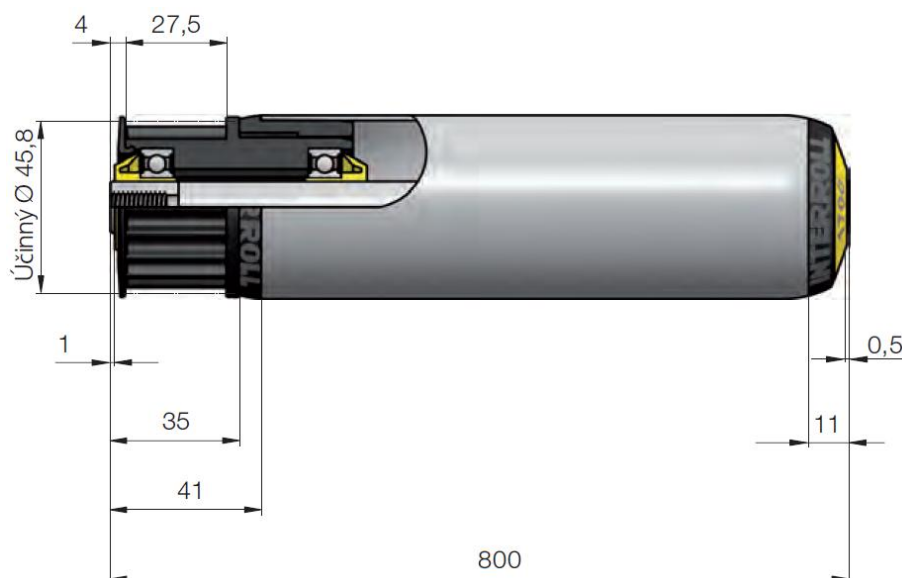


Obr. 43 Model válečku ze série 3500 od firmy Interroll. [7]



7.1.3 DÉLKA VÁLEČKŮ

Zadáním je požadována šířka pracovní plochy 620 – 630 mm. K tomuto rozměru je nutné přičíst rozměr hnací hlavy a okraje válečků, které jsou pro přepravu nefunkční. Z nabídky firmy Interroll byl proto vybrán nejbližší možný rozměr, a to váleček s montážní délkou 800 mm. Ten s možnou pracovní šířkou 748 mm tento požadavek splňuje. Rozměry válečku jsou uvedeny v následujících obrázcích.



Obr. 44 Základní rozměry válečku ze série 3500 firmy Interroll o průměru 50 mm. [7]

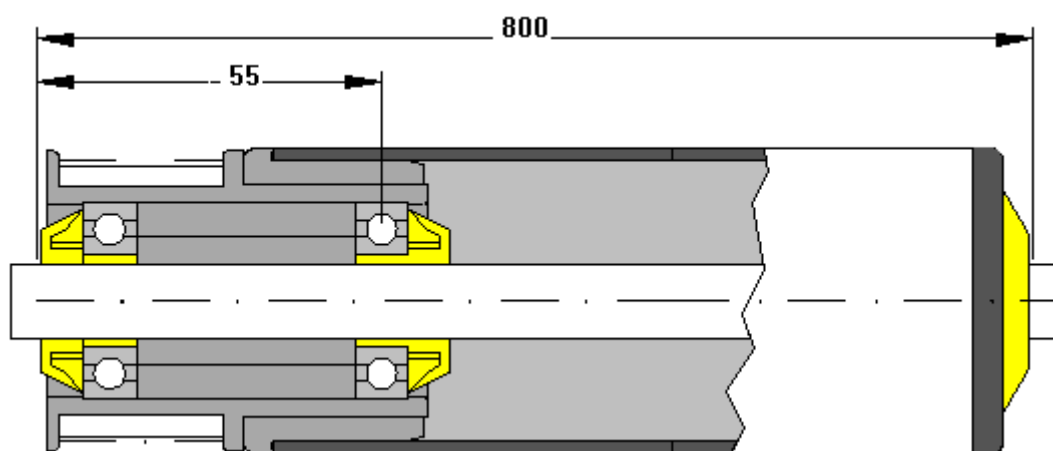
Vstupní parametry pro předběžný výpočet:

Série válečků 3500 s trubkou z pozinkované oceli, polyamydovou hnací hlavou, válcovou osou a ložisky firmy Interroll.

Šířka palety:	625 mm
Hmotnost palety:	150 kg
Počet válečků pod paletou:	3
Délka válečku:	800 mm
Tloušťka stěny trubky:	1,5 mm
Průměr osy:	14 mm
Počet zubu na řemenici Z_k :	18

Tab. 2 Vypočítané hodnoty pomocí softwaru Interroll [7]

	Dovolené hodnoty	Vypočtené hodnoty
Průhyb trubky [mm]	0,75	0,19
Napětí v trubce [MPa]	93	20
Průhyb osy [mm]	15,5	2,8
Napětí v ose [MPa]	133	51
Maximální naklopení ložisek [min]	60	38,4
Nosnost skupony ložisek [N]	1200	500

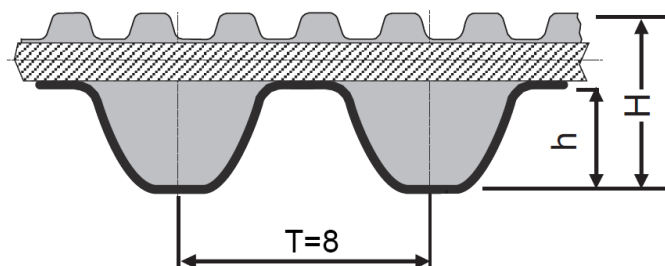


Obr. 45 Řez válečkem série 3500 firmy Interroll. [7]

7.2 ROZTEČ VÁLEČKŮ A CELKOVÁ DÉLKA MODULU

Pro určení celkové délky modulu je nutné vycházet z rozteče jednotlivých válečků. Rozteč, neboli osová vzdálenost mezi válečky, ovlivňuje klidnost a rovnoměrnost pohybu předmětů na trati. Musí být zvolena tak, aby pod dopravovaným předmětem byly vždy nejméně dva válečky.

Rozteč A je vypočtena na základě katalogové řady vyráběných ozubených řemenů. Vybíráno bylo z řady řemenů Poly-Chain GT s roztečí $T=8\text{ mm}$ a šířkou 11,2 mm standardně používanou pro pohon válečkových dopravníků.



Obr. 46 Profil ozubeného řemenu typu Poly-Chain GT. [10]



$$A = \frac{Z_r - Z_k}{2} \cdot T \quad [mm] \quad (2)$$

Kde Z_r je počet zubů na řemenu, Z_k počet zubů na řemenici a T rozteč zubů. [10]

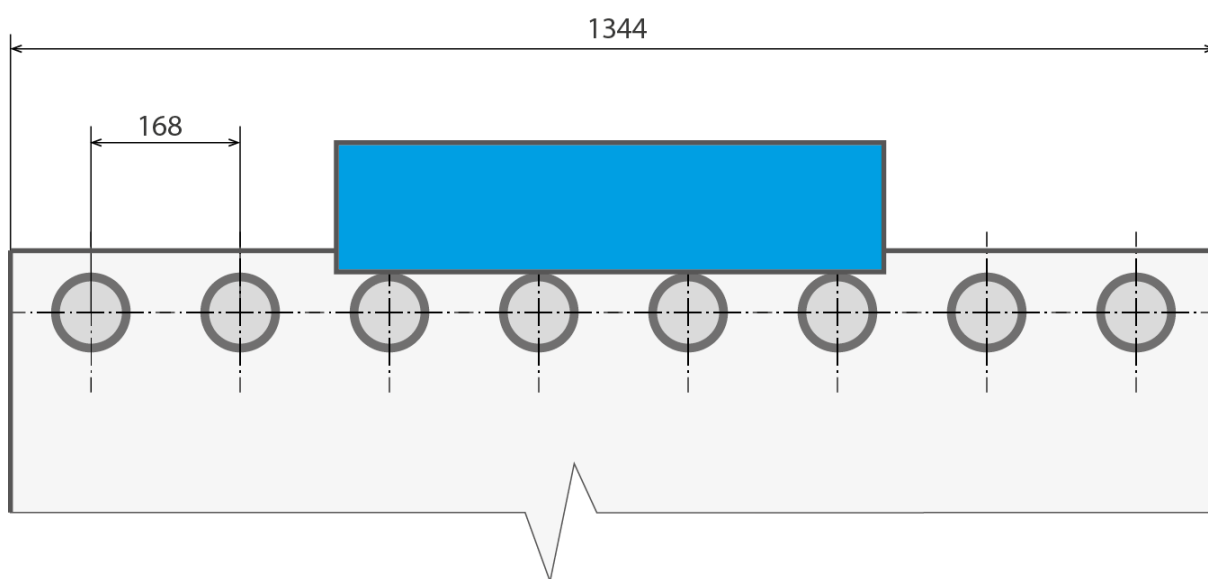
Na základě katalogových rozměrů řemenových smyček, respektive počtu jejich zubů a požadavků zadání, bylo vypočteno několik základních rozměrových možností pro dopravní modul. Tyto hodnoty byly zaznamenány do tabulky 2.

Tab. 3 Vypočtené hodnoty roztečí válečků a z toho vyplývající délka modulu.

	Počet válečků	Počet zubů řemenové smyčky Z_k [-]	Rozteč válečků A [mm]	Počet válečků pod paletou k_1 [-]	Celková délka modulu L [mm]
1.	6	68	200	4	1200
2.	6	76	232	3	1392
3.	7	60	168	4	1176
4.	7	68	200	4	1400
5.	8	57	152	5	1248
6.	8	60	168	4	1344

Jelikož délka palety je 650 mm, je maximální možná rozteč při dodržení počátečního předpokladu 3 válečků pod paletou 325 mm. Tato podmínka je ve všech výpočtech splněna.

Délka modulu by měla být dle zadání $1280 + 100$ mm. Tuto podmínku splňuje 6. varianta výpočtu s 8 válečky, 168mm roztečí a použitím 60 zubového řemene. Z této kombinace vznikne výsledná délka modulu 1344 mm.



Obr. 47 Výsledná délka modulu a rozteč válečků.



7.3 PŘEPRAVNÍ VLASTNOSTI

7.3.1 OTÁČKY VÁLEČKU

Zadáním je určena dopravní rychlost palety na $v_p = 26 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = 0,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Tato hodnota je zároveň teoretická obvodová rychlost povrchu válečku. Při volbě motoru, respektive převodovky pro pohon dopravníku, je nutné znát otáčky válečku n_v . Ty jsou vypočteny z rovnice:

$$n_v = \frac{v_p}{2\pi Rv} = \frac{0,43}{2\pi i \cdot 035} = 2,28 \text{ s}^{-1} \quad (3)$$

$$n_v = 2,28 \text{ s}^{-1} = 136,8 \text{ min}^{-1}$$

7.3.2 TAKTOVACÍ ČAS LINKY

Dopravní výkon N horní větve výrobní linky je požadován $90 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1}$. Z toho vyplývá, že taktovací čas linky je

$$T_d = \frac{3600}{N} = \frac{3600}{90} = 40 \text{ s} \quad (4)$$

Taktovací čas výrobní linky je čas, za který je nutné provést výrobní úkon a zároveň musí dojít k přesunu palety na další pracovní pozici.

Samotná doba přesun palety t_p mezi pracovišti se odvíjí od zadané rychlosti tedy:

$$t_p = \frac{L}{v_p} = \frac{1,344}{0,43} = 3,126 \text{ s} \quad (5)$$

$$t_p = 3,126 \text{ s} = 0,052 \text{ min}$$

kde L [m] je celková délka dopravníku.

Z výše uvedeného vyplývá, že pracovník má na provedení montážního úkonu čas t_m :

$$t_m = T_d - t_p = 40 - 2,7 = 38,874 \text{ s} \quad (6)$$

$$t_m = 38,874 \text{ s} = 0,615 \text{ min}$$

Jelikož ve spodní větvi probíhá pouze návrat palet z konce výrobní linky na její začátek, bude teoretický dopravní výkon odvozen pouze z rychlosti palety a délky dopravníku. V praxi ale bude roven dopravnímu výkonu horní větve, jelikož z té palety k návratu pomocí výtahu přijíždějí.

7.3.3 POČET DOPRAVOVANÝCH PŘEDMĚTŮ

Ve chvíli, kdy je prováděn montážní úkon, je na modulu pouze jedna paleta. Všechny palety jsou na celé montážní lince přepravovány ve stejný okamžik. To znamená, že v okamžiku, kdy jedna paleta opouští modul, druhá paleta zároveň na modul přijíždí, tedy na modulu jsou v takovém případě současně dvě palety. Z pohledu zatížení však tato situace odpovídá jedné paletě. Proto je v dalších výpočtech uvažovaný počet předmětu na trati $z = 1$.

7.3.4 VÝPOČET HMOTNOSTI

Pro nadcházející výpočet valivého odporu je nutné znát hmotnost rotující části válečku. Jelikož hmotnost rotující části válečku nemá na výsledný valivý odpor příliš velký vliv, je výpočet hmotnosti zjednodušen. Ve výpočtu není uvažována hmotnost hnací polyamidové hlavy a vnější klece ložisek. Naopak se ale uvažuje s délkou trubky a PVC potahu v celé montážní délce válečku, což toto zjednodušení kompenzuje.

Výpočet hmotnosti ocelové pláště trubky:

$$m_{vt} = (R_{t1}^2 - R_{t2}^2)\pi\rho_t L_{vt} = (0,03^2 - 0,0285^2)\pi \cdot 7850 \cdot 0,8 = 1,731 \text{ kg} \quad (7)$$

Výpočet hmotnosti PVC potahu:

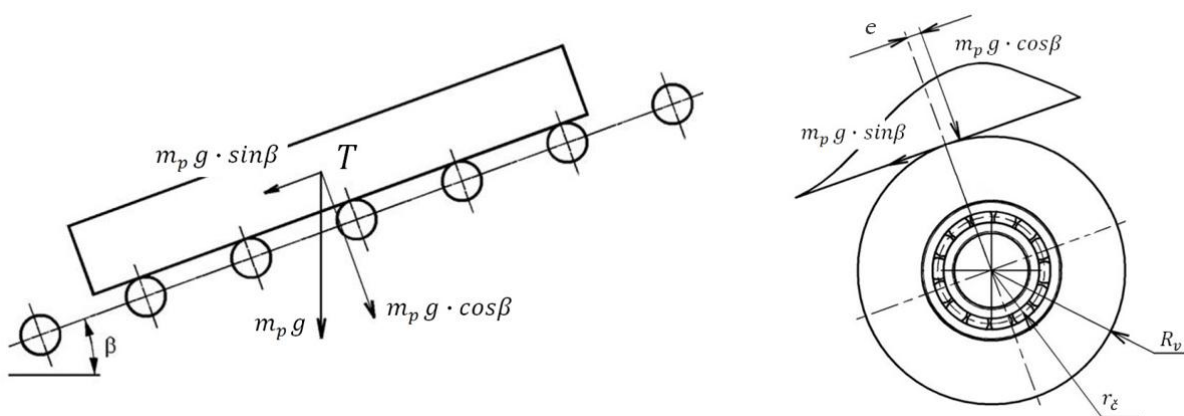
$$m_{vp} = (R_{p1}^2 - R_{p2}^2)\pi\rho_p L_{vp} = (0,035^2 - 0,030^2)\pi \cdot 1500 \cdot 0,8 = 1,225 \text{ kg} \quad (8)$$

Výsledná hmotnost rotujících částí válečku:

$$m_v = m_{vt} + m_{vp} = 1,731 + 1,225 = 2,956 \text{ kg} \quad (9)$$

7.4 ODPORY VÁLEČKŮ A DOPRAVOVANÝCH PŘEDMĚTŮ

Paleta pohybující se po válečkové trati musí překonat odpory působící proti tomuto pohybu. Tyto odpory jsou souhrnně vyjádřeny odporem W a skládají se z níže popsanych odporů. Obecně jsou síly působící na paletu a samotné válečky znázorněné v následujícím schématu. Jelikož se pro výrobní linku uvažuje pouze vodorovný pohyb palety, bude uhel naklonění $\beta = 0$. Tím dojde ke zjednodušení většiny výpočtů. [1]



Obr. 48 Rozbor sil působících na váleček. Upraveno z [17]



7.4.1 ODPOR OD VLASTNÍ TÍHY PŘEDMĚTU

Je definován jako síla potřebná ke zvedání či spouštění předmětu po nakloněné válečkové trati. Znaménko + platí pro směr dopravy vzhůru, znaménko – pro směr dopravy dolů. Ze samotné definice je zřejmé, že výsledný odpor bude, vzhledem k vodorovnému pohybu, nulový. [1]

$$W_{1h} = \pm m_p g \cdot \sin\beta = \pm 150 \cdot 9,81 \cdot 0 = 0 \text{ N} \quad (10)$$

Výpočet odporu pro spodní větev dopravníku:

$$W_{1h} = \pm m_p g \cdot \sin\beta = \pm 150 \cdot 9,81 \cdot 0 = 0 \text{ N} \quad (11)$$

7.4.2 ODPOR VLIVEM VALIVÉHO A ČEPOVÉHO TŘENÍ

V literatuře [1] je odvozen vzorec pro výpočet odporu, který je určen jako součet síly potřebné k překonání valivého tření na obvodu válečku R_v , zatíženého silou od pohybující se palety a součet síly překonávající čepové tření od hmotnosti palety a hmotnosti rotující části válečku.

Jelikož je ale použit váleček s kuličkovými ložisky, je nutné čepové tření nahradit součinitelem valivého tření ložiska. Hodnotu součinitele valivého tření kuličkového ložiska uvádějí výrobci SKF či ZKL jako $f=0,0015$ [-].

Původní vzorec převzatý z odvození v literatuře (1):

$$W_2 = m_p g \cdot \cos\beta \frac{e + f_{\epsilon} r_{\epsilon}}{R_v} + m_v g k_1 \frac{f_{\epsilon} \cdot r_{\epsilon}}{R_v} \quad [N] \quad (12)$$

Substituce čepového tření za valivé tření v ložisku:

$$W_2 = m_p g \cdot \cos\beta \left(\frac{e}{R_v} + f_l \right) + m_v g k_1 f_l \quad [N] \quad (13)$$

Výpočet pro horní větev dopravníku:

$$W_{2h} = 150 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,5}{30} + 0,0015 \right) + 2,956 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,0015 = 75,956 \text{ N}$$

Výpočet pro spodní větev dopravníku:

$$W_{2s} = 70 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,5}{30} + 0,0015 \right) + 2,956 \cdot 9,81 \cdot 4 \cdot 0,0015 = 35,539 \text{ N} \quad (14)$$

kde: f_{ϵ} – součinitel čepového tření [-]
 f_l – součinitel tření ložiska [-]
 k_1 – počet válečků pod jedním předmětem
 r_{ϵ} – poloměr čepu [mm]



R_v – poloměr válečku [mm]

m_p – hmotnost palety [kg]

e – rameno valivého odporu [mm]

Rameno valivého odporu má na výsledný odpor značný vliv. Tato hodnota se však nedá zcela přesně matematicky vyjádřit, jelikož závisí na mnoha faktorech a vlastnostech obou materiálů, přičemž některé z nich jsou známy jen velmi málo.

Dosažená hodnota tedy vychází z dostupných hodnot uváděných ve strojnických tabulkách [4]. Jelikož se jedná o styk hliníkové palety a 5 mm PVC potahu s pevným podkladem ocelového válečku, předpokládá se hodnota ramene valivého odporu nižší, než je uvedena u materiálů pneumatika – beton (1,5–2,5 mm), a zároveň několikanásobně vyšší, než je styk nekalené oceli s nekalenou ocelí (0,05–0,06 mm).

7.4.3 ODPOR VLIVEM VÝROBNÍCH A MONTÁŽNÍCH NEPŘESNOSTÍ

Tento odpor se nedá přesně stanovit, uvažuje se proto empirická hodnota jako 0,5% z normálového zatížení válečku. [1]

$$W_{3h} = 0,005m_p g \cdot \cos\beta \quad (15)$$

Výpočet pro horní větev dopravníku:

$$W_{3h} = 0,005 \cdot 150 \cdot 9,81 \cdot 1 = 7,358 \text{ N}$$

Výpočet pro spodní větev dopravníku:

$$W_{3s} = 0,005 \cdot 70 \cdot 9,81 \cdot 1 = 3,434 \text{ N} \quad (16)$$

7.4.4 CELKOVÝ ODPOR

Celkový odpor otáčení válečků proti pohybu jedné palety je roven součtu výše uvedených odporů. [1]

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (17)$$

Výpočet pro horní větev dopravníku:

$$W_h = 0 + 75,956 + 7,358 = 83,314 \text{ N}$$

Výpočet pro spodní větev dopravníku:

$$W_s = 0 + 35,539 + 3,434 = 38,973 \text{ N} \quad (18)$$



7.5 PŘENOS SIL Z VÁLEČKU NA PALETU

Síla přenášená z povrchu poháněného válečku na paletu F_t [N] prostřednictvím smykového tření musí být minimálně rovna nebo větší než celkový odpor proti pohybu palety. [1]

$$F_t = m_p \cdot \frac{k_p}{k_l} \cdot g \cdot f_v \cdot \cos\beta \geq W \quad (19)$$

Kde k_p je celkový počet válečků pod paletou a k_l je počet válečků pod paletou, které jsou poháněny. Jelikož jsou poháněny všechny válečky na modulu najednou, je tento poměr roven 1.

Výpočet třecí síly mezi válečkem a paletou v horní větvi F_{th} [N] je

$$F_{th} = 150 \cdot \frac{4}{4} \cdot 9,81 \cdot 0,6 \cdot 1 \geq W_h$$

$$F_{th} = 882,9 \text{ N} \geq 83,314 \text{ N} \dots \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet třecí síly mezi válečkem a paletou ve spodní větvi F_{ts} [N] je

$$F_{ts} = 70 \cdot \frac{4}{4} \cdot 9,81 \cdot 0,6 \cdot 1 \geq W_h \quad (20)$$

$$F_{ts} = 412,02 \text{ N} \geq 38,973 \text{ N} \dots \text{VYHOVUJE}$$

Tato podmínka je splněna v horní i ve spodní větvi.

7.6 NÁVRH POHONU

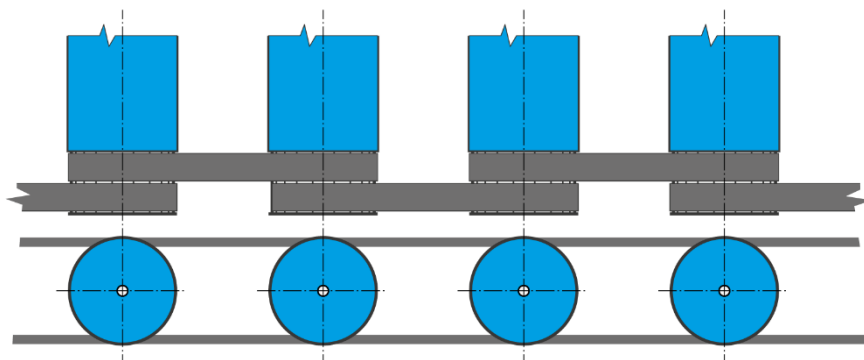
Navrhnutý pohon musí být schopen překonat veškeré odpory vypočtené v kapitole 3.4. Tyto výpočty nezahrnují odpory nezatížených válečků, které překonávají pouze odpory vyvolané třením v ložiskách vlivem vlastní hmotnosti jejich rotujících částí. Při návrhu pohonu budou nezatížené válečky do výpočtu zahrnuty.

7.6.1 ÚČINNOST MECHANICKÉHO PŘEVODU MEZI POHONEM A VÁLEČKY

Z dříve dosažených poznatků je známá účinnost převodu ozubeným řemenem $\eta_f = 95\text{--}98\%$. Také je znám počet válečků a způsob přenosu kroutícího momentu opásáním řemene, Obr. 49. Z toho vyplývá počet potřebných řemenových smyček na pohon jednoho dopravního modulu $s=8$. Ve výpočtu celkové účinnosti mechanického převodu η_m je uvažována nižší účinnost řemene z důvodu pozdějšího opotřebení řemene a zhoršení tvarového styku mezi zuby řemene a řemenicí. [1], [10]

$$\eta_m = \eta_f^s \quad [-] \quad (21)$$

$$\eta_m = 0,95^8 = 0,6634$$



Obr. 49 Přenos kroutícího momentu mezi válečky opásáním řemene.

7.6.2 VÝKON POHONU

Jelikož se výpočet skládá z již zmíněných odporů, je zde i čepové tření nahrazeno třením v ložisku. [1]

Vzorec pro výpočet výkonu pohonu z literatury [1]:

$$P_t = \left(z m_p g \left(\sin\beta + \cos\beta \left(\frac{e + f_c r_c}{R_v} + 0,005 \right) \right) + m_v g \frac{f_c r_c}{R_v} n \right) \frac{v}{\eta_m} \quad [W] \quad (22)$$

Vzorec po substituci:

$$P_t = \left(z m_p g \left(\sin\beta + \cos\beta \left(\frac{e}{R_v} + f_l + 0,005 \right) \right) + m_v g f_l n \right) \frac{v}{\eta_m} \quad [W] \quad (23)$$

Výpočet výkonu pro horní větev:

$$P_{ts} = \left(1 \cdot 150 \cdot 9,81 \cdot \left(0 + 1 \cdot \left(\frac{1,5}{30} + 0,0015 + 0,005 \right) \right) \right) + 2,956 \cdot 9,81 \cdot 0,0015 \cdot \\ \cdot 8 \cdot \frac{0,43}{0,6634} = 54,533 \text{ W}$$

$$P_{th} = 54,533 \text{ W} = 0,055 \text{ kW}$$



Výpočet výkonu pro spodní větev:

$$P_{ts} = \left(1 \cdot 70 \cdot 9,81 \cdot \left(0 + 1 \cdot \left(\frac{1,5}{30} + 0,0015 + 0,005 \right) \right) + 2,956 \cdot 9,81 \cdot 0,0015 \cdot 8 \right) \cdot \frac{0,43}{0,6634} = 25,570 \text{ W} \quad (24)$$

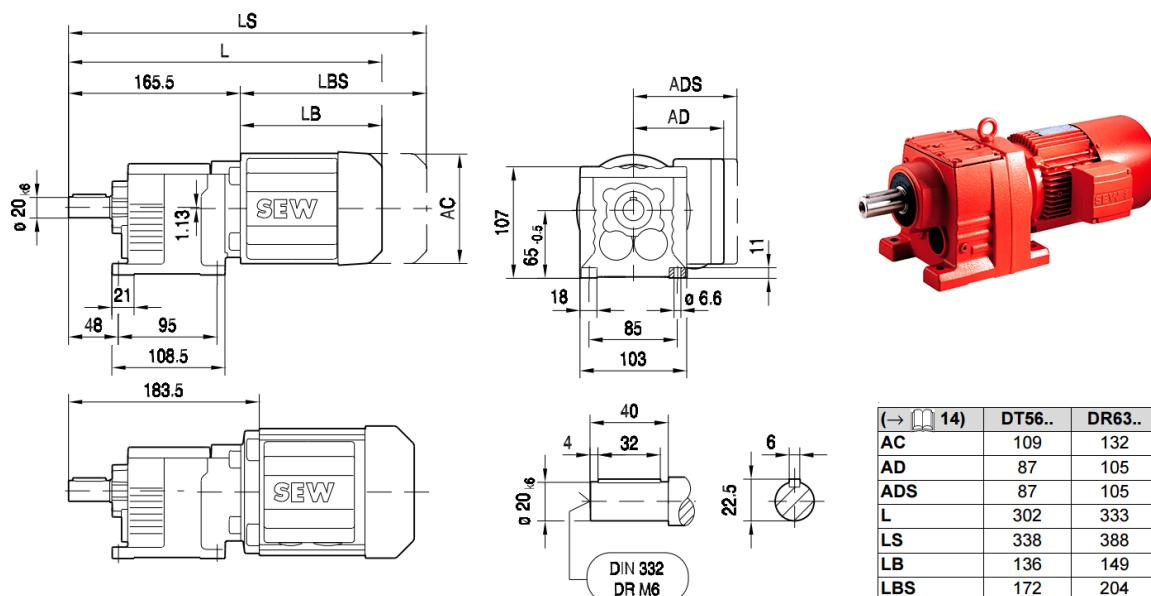
$$P_{ts} = 25,570 \text{ W} = 0,026 \text{ kW}$$

Vypočtený výkon je teoretický výkon pohonné jednotky, nejedná se o potřebný výkon motoru, jelikož je nutné použít převodovku ke snížení otáček a zvýšení kroutícího momentu. Výkon je nutné snížit o účinnost použité převodovky a také je nutno počítat s nárůstem potřebného výkonu při rozběhu.

Volba motoru

Zadáním je požadovaný výrobce motorů SEW. Proto byly u tohoto výrobce poptány asynchronní elektromotory s převodovkou s čelním ozubením o výkonech 0,12; 0,18; 0,25 kW a asynchronní elektromotory s převodovkou s kuželočelním ozubením o výkonech 0,18; 0,25; 0,37 kW.

Převodovky s kuželočelním ozubením byly zamítnuty z důvodu více jak trojnásobně vyšší ceny oproti čelním převodovkám. Jelikož se u takto nízkých výkonů převodových motorů cena téměř neliší, byl pro horní větev zvolen motor RF07 DR63M4 o výkonu 0,18 kW. Pro spodní větev pak motor RF07 DT56L4 s nižším výkonem 0,12 kW.



Obr. 50 Rozměry asynchronního motor s čelní převodovkou s čelním ozubením firmy SEW. RF07 DR63M4 – horní větev, RF07 DT56L4 – spodní větev. [8]

**Charakteristika motoru a převodovky RF07 DR63M4 pro horní větev:**

Výstupní otáčky 50 Hz motor/převodovka	: 1320 / 147 min ⁻¹
Výstupní otáčky 60 Hz	: 1620 / 180 min ⁻¹
Celkový převodový poměr [-]	: 9,01 / zaokrouhleno
Max. moment převodovky	: 50 Nm
Krouticí moment 50 Hz	: 12 Nm
Krouticí moment 60 Hz	: 9 Nm
Provozní faktor SEW- f_B [-]	: 4,30 / 5,20
Výstupní hřídel (prm. x délka)	: 20x40 mm
Výkon motoru	: 0,18 kW
Napěťový rozsah 50 Hz	: 220-240 V Trojúhelník/380-415 V Hvězda
Jmenovitý proud	: 0,96 / 0,55 A
Napěťový rozsah 60 Hz	: 240-266 V Trojúhelník/415-460 V Hvězda
Jmenovitý proud	: 0,87 / 0,50 A
Isolační třída / Krytí	: IP 54
Hmotnost netto	: cca. 6,7 Kg

Charakteristika motoru a převodovky RF07 DT56L4 pro spodní větev:

Výstupní otáčky 50 Hz motor/převodovka	: 1300 / 144 min ⁻¹
Výstupní otáčky 60 Hz	: 1600 / 178 min ⁻¹
Účinnost (50/75/100% P _n)	: 55 / 62,9 / 62,5 %
Celkový převodový poměr [-]	: 9,01 / zaokrouhleno
Max. moment převodovky	: 50 Nm
Krouticí moment 50 Hz	: 7 Nm
Krouticí moment 60 Hz	: 6 Nm
Provozní faktor SEW- f_B [-]	: 6,30 / 7,7
Výstupní hřídel (prm. x délka)	: 20x40 mm
Výkon motoru	: 0,12 kW
Napěťový rozsah 50 Hz	: 220-240 V
Jmenovitý proud	: 0,80 A
Napěťový rozsah 60 Hz	: 240-266 V
Jmenovitý proud	: 0,72 A
Isolační třída / Krytí	: IP 54
Hmotnost netto	: cca. 5,3 Kg



Se snižujícím se jmenovitým výkonem motoru, klesá účinnost převodovky. Proto byl proveden kontrolní výpočet potřebného výstupního výkonu převodovky při 50% jmenovitém výkonu motoru.

Účinnost převodovky při 50% jmenovitém výkonu je $\eta_{50} = 55 \%$

Výpočet výkonu pro horní větev

$$P_{h50} = \frac{P_{50}}{\eta_{50}} = \frac{54,533}{0,55} = 99,2 \text{ W} \quad (25)$$

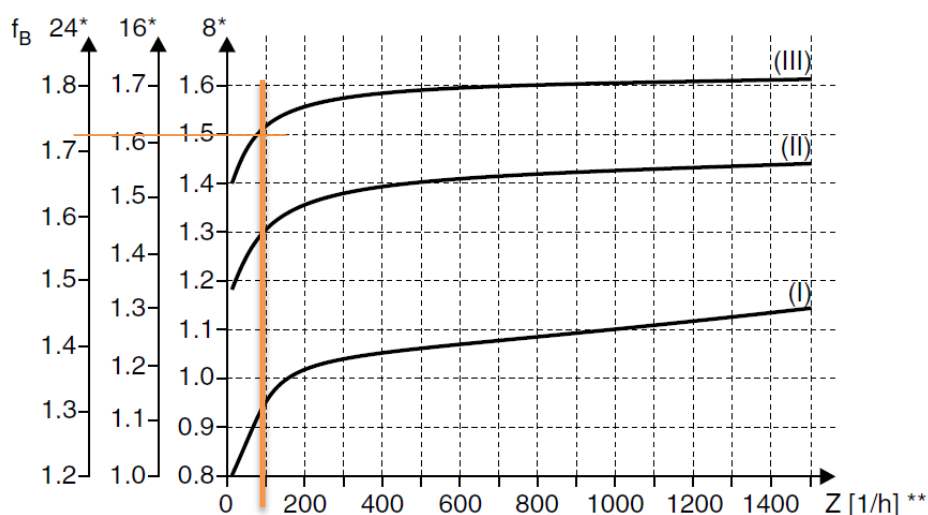
Výpočet výkonu pro spodní větev

$$P_{s50} = \frac{P_{50}}{\eta_{50}} = \frac{25,570}{0,55} = 46,5 \text{ W} \quad (26)$$

Kontrolní výpočet potvrdil dostatečně velký výkon zvolených motorů. Oba motory mají dostatečnou výkonovou rezervu.

7.6.3 PROVOZNÍ FAKTOR

Vliv válečkového dopravníku na převodovku je zohledněn provozním faktorem f_B . Určuje se v závislosti na denní provozní době a četnosti spínání Z . Přitom se podle faktoru setrvačnosti hmot zohledňují tři stupně rázů. Potřebný provozní faktor se určí z následujícího diagramu.



* Denní doba provozu v hodinách/den

** Četnost spínání Z : Ke spínání se připočítávají také rozběhy a brzdění a také přepínání z nižších otáček na vyšší a naopak.

Obr. 51 Diagram k určení provozního faktoru. Upraveno z [24] str. 50

Při volbě provozního faktoru se rozlišují tři stupně rázů. [24]

- I. Rovnoměrný, přípustný faktor zrychlení hmot $\leq 0,2$
- II. Nerovnoměrný, přípustný faktor zrychlení hmot ≤ 3
- III. Silně nerovnoměrný, přípustný faktor zrychlení hmot ≤ 10

V diagramu je vyznačena hodnota, která odpovídá 90 sepnutím za hodinu. I při uvažování 24 hodinového provozu a silně nerovnoměrných rázů, vychází faktor f_B přibližně 1,73. Zvolený motor s převodovkou má provozní faktor 4,3 a vyšší není tudíž nutné určovat přesný stupeň rázů výpočtem faktoru zrychlení hmot.

7.7 NÁVRH ŘÍZENÍ

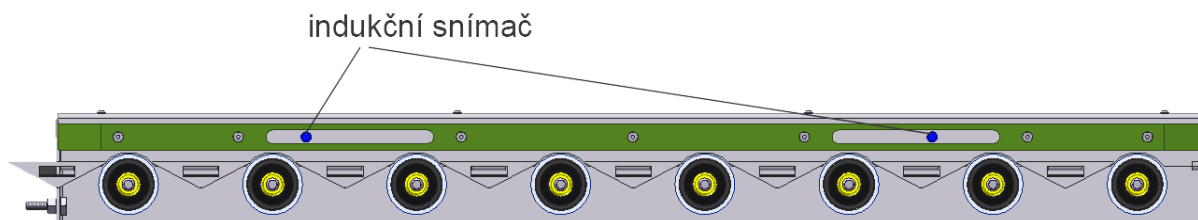
7.7.1 OVLÁDÁNÍ MOTORU

Motor v horní větvi je ovládán frekvenčním měničem, jelikož je nutná plynulá regulace výkonu z důvodu požadavků na přesnost, zastavení a plynulý rozjezd a zastavení palety.

Ve spodní větvi je spouštěč, který pouze zapíná a vypíná motor, bez možnosti regulace.

7.7.2 POLOHA PALETY

Poloha palety je řízena indukčními snímači. Aby bylo možné zastavení v požadované poloze, je modul vybaven dvěma snímači Obr. 52. První snímač zaznamená přítomnost palety a vyšle signál ke snížení rychlosti, druhý pak slouží k přesnému zastavení.

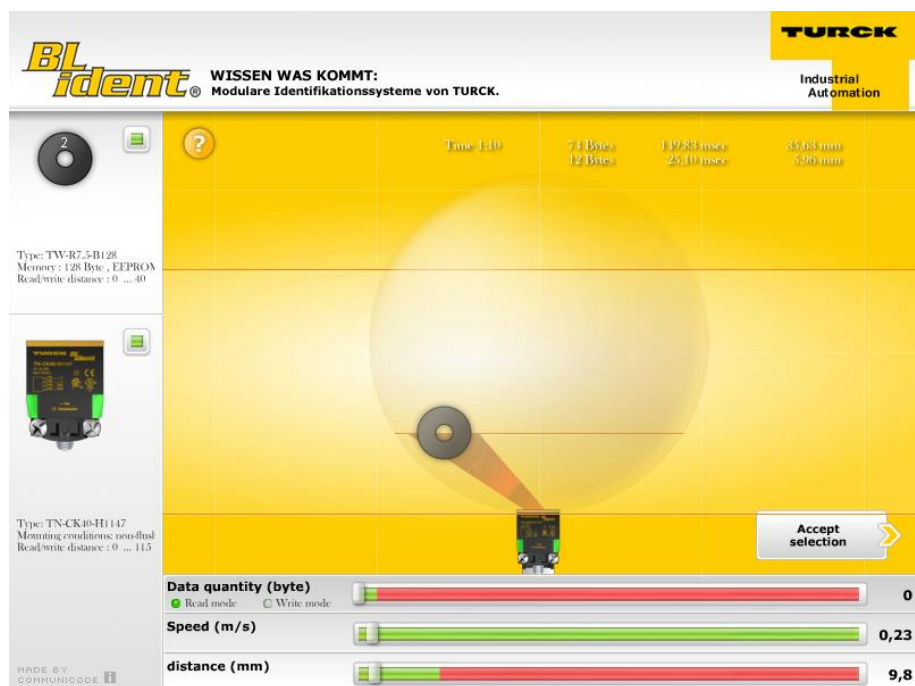


Obr. 52 Řez horní větvi dopravníku

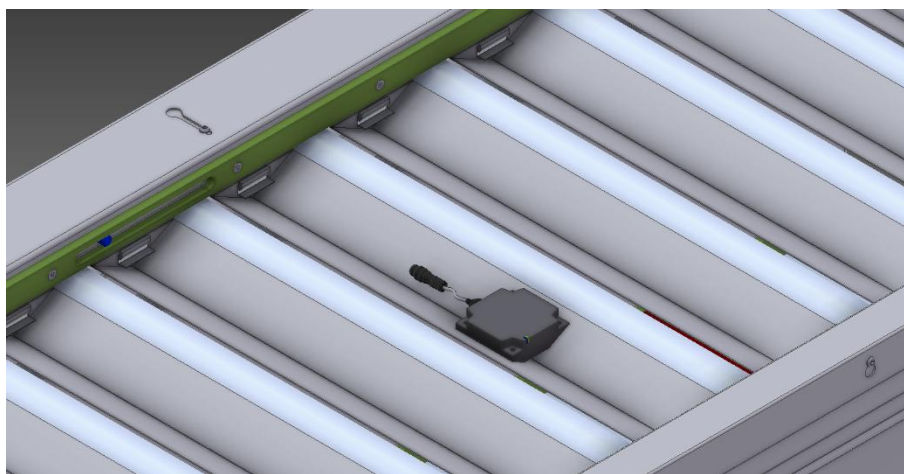
7.7.3 INFORMACE O PRODUKTU

Pro čtení a zápis informací o sedadle je mezi válečky umístěn RFID snímač.

K výběru vhodného snímače byla využita aplikace firmy Turck, která simuluje chování snímačů v provozu a lze v ní ovlivnit vzdálenost čipu od snímače, rychlost, či datový tok. Na základě těchto simulací byl vybrán snímač TN-CK40-H1147/S1126. Jeho podrobná specifikace je uvedena v příloze.



Obr. 53 RFID simulátor firmy Turck [25]

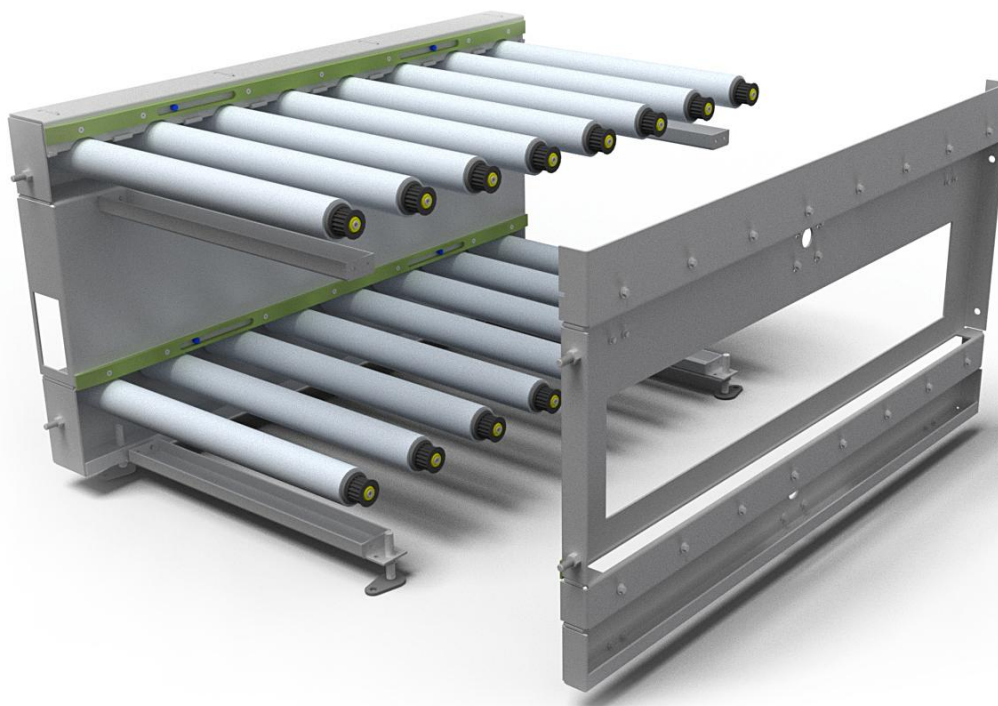


Obr. 54 RFID snímač umístěný na krytu válečků.



8 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

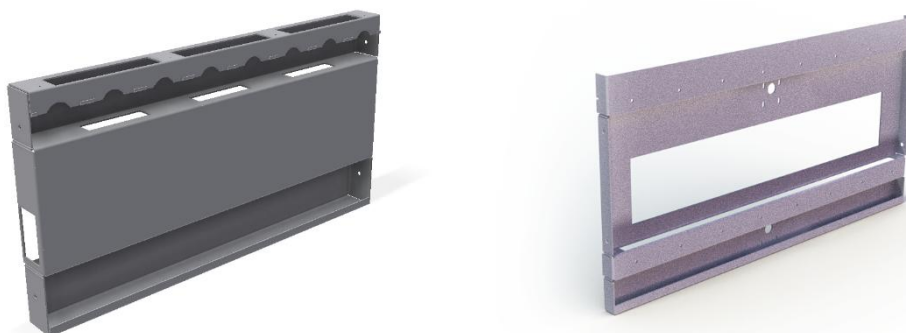
Jelikož válečky jsou součástí rámu, bylo možné upustit od klasického svařovaného rámu z železných profilů a vytvořit rám montovaný Obr. 55. Ten tvoří dvě bočnice spojené válečky a čtyřmi výztuhami.



Obr. 55 Rám dopravníku - rozklad.

8.1 BOČNICE

Základním nosným prvkem rámu jsou bočnice. Ty jsou zhotoveny ze 4mm ohýbaného a svařovaného plechu. Plech je dostatečně silný, aby v něm bylo možné vytvořit díry se závity pro přichycení krytů a potřebné elektroniky. Pravá bočnice umožňuje přístup do spodní větve.

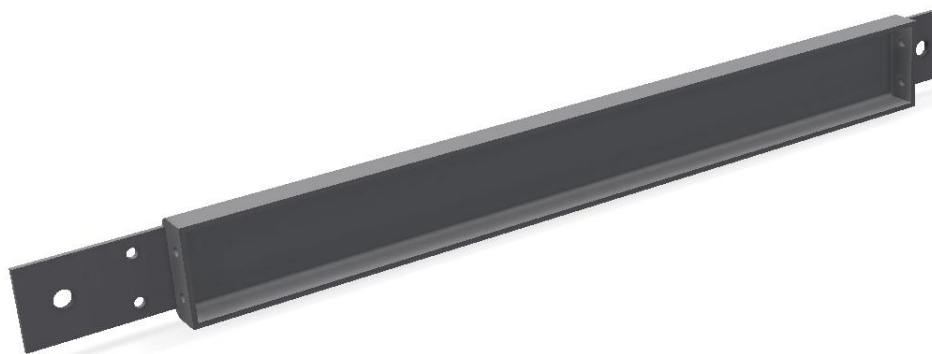


*Obr. 56 Levá bočnice pro uchycení elektroniky (frekvenční měnič, snímače, PLC...).
Pravá bočnice s připravenými otvory pro pohon.*



8.2 VÝZTUHY

Bočnice jsou spojeny čtyřmi výztužemi ve tvaru písmene U. Ve spodní části se jedná o profil s rozměry 70 x 30 mm a tloušťkou stěny 4 mm. Pod horní větví válečků jsou pak dva profily ze 3 mm plechu s rozměry 65 x 30 mm.



Obr. 57 Spodní výztuha.

8.3 KRYTOVÁNÍ

Aby byla dodržena bezpečnost provozu, je nutné veškeré mechanické a elektrické části válečkového modulu chránit, respektive chránit obsluhu před těmito prvky.



Obr. 58 Hlavní kryty válečkového dopravníku.



Obě bočnice jsou kompletně chráněny kryty. Pravý zamezuje přístup k řemenicím válečků, motoru a přístupu do spodní větve. Levý kryt chrání většinu elektronických komponent modulu. Uchycení krytů je vidět na Obr. 59. Demontáž se provádí povolením šroubů a vysunutím krytu.

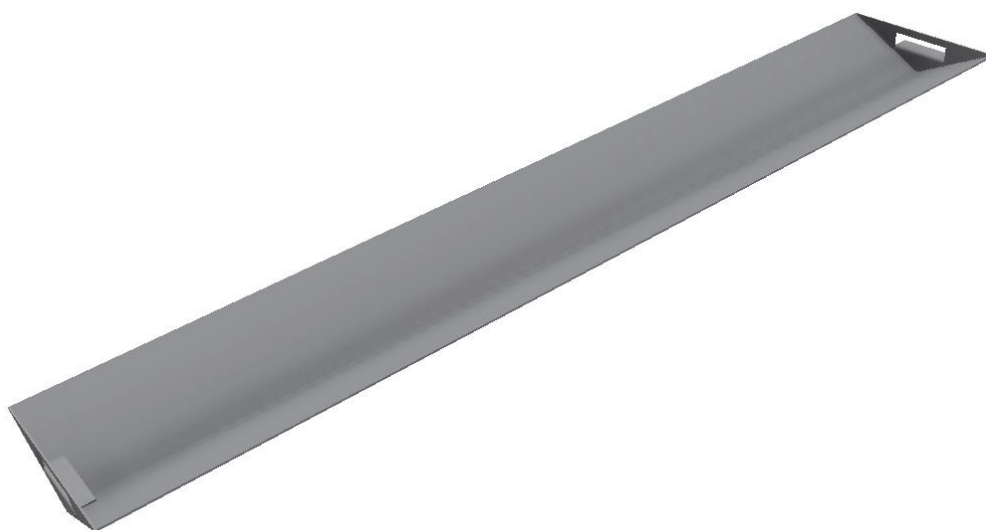


Obr. 59 Uchycení kryt pravé bočnice.

8.3.1 KRYTY VÁLEČKŮ

Horní větev válečků je z bezpečnostních a praktických důvodů opatřena kryty. Ty zabrání pádu součástek či náradí do dopravníku, ale především mají za úkol zamezit možný kontakt pracovníka montáže s válečky, aby minimalizovaly možnost zranění. Pro co největší zakrytí válečků jsou hrany krytu umístěny 9 mm od dna přepravované palety.

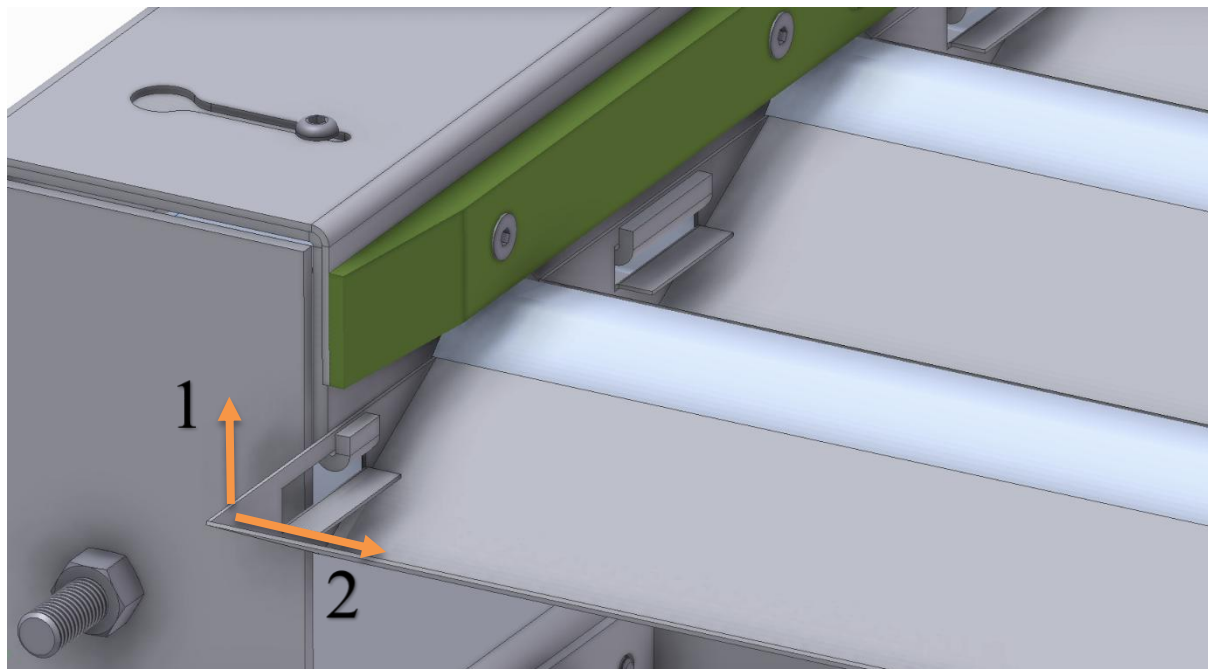
Kryt je tvořen ze tří částí, z nichž dvě jsou stejné. Základem je plech o tloušťce stěny 2 mm ohnutý pod úhlem 125° a dvě trojúhelníkové bočnice.



Obr. 60 Kryt válečků.



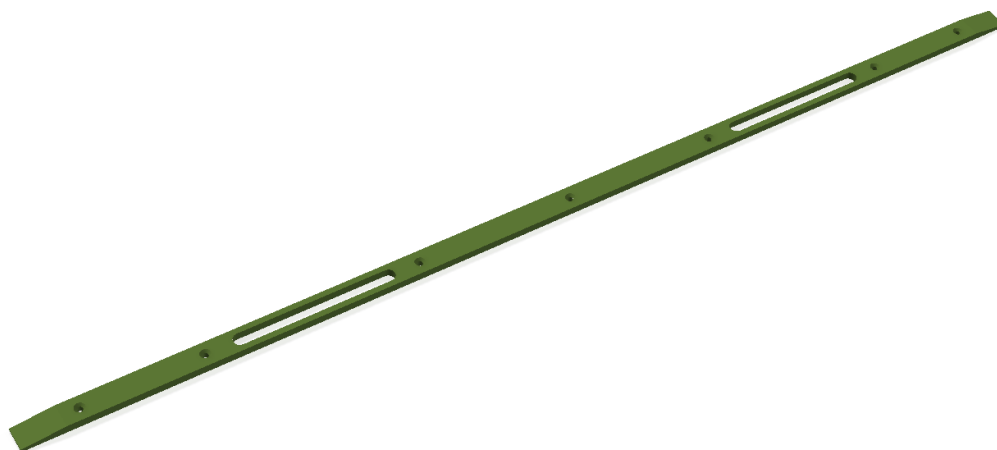
Kryty nejsou v rámu uchyceny pevně šrouby, ale jsou pouze vsazeny do drážek, aby v případě potřeby bylo možné jejich rychlé vysazení. Naznačený způsob vyjmutí krytu je na Obr. 61. Přesah krytu z modulu (Obr. 61) zajišťuje navázání na krytování napojeného modulu. Viz Příloha 2.



Obr. 61 Detail uložení krytu válečků.

8.4 VEDENÍ PALETY

Pohyb palety po dopravníku je přesně vymezen lištami. Ty jsou vyrobeny z ultravysokomolekulárního polyethylenu – PE 1000 („kluzný plast“), který je vysoce odolný proti abrazi a zároveň má vysokou rázovou houževnatost. V liště jsou připraveny podélné otvory pro polohování indukčního snímače.



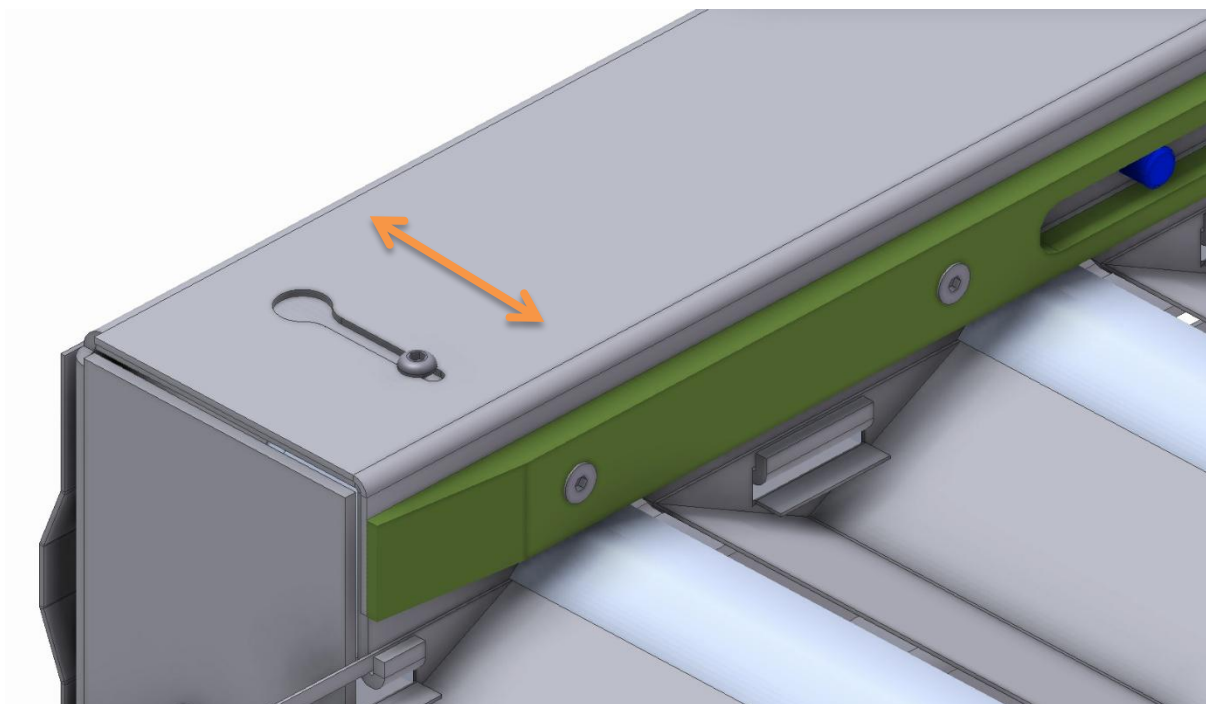
Obr. 62 Vodící lišta z PE 1000.



Vodící lištu lze polohovat (Obr. 65), čímž se dá dopravní šířka modulu měnit v rozmezí od 620 – 630 mm.



Obr. 63 Polohovatelná lišta, k nastavení dopravní šířky.



Obr. 64 Naznačený pohyb lišty pro vymezení dopravní šířky.



8.5 NOHY

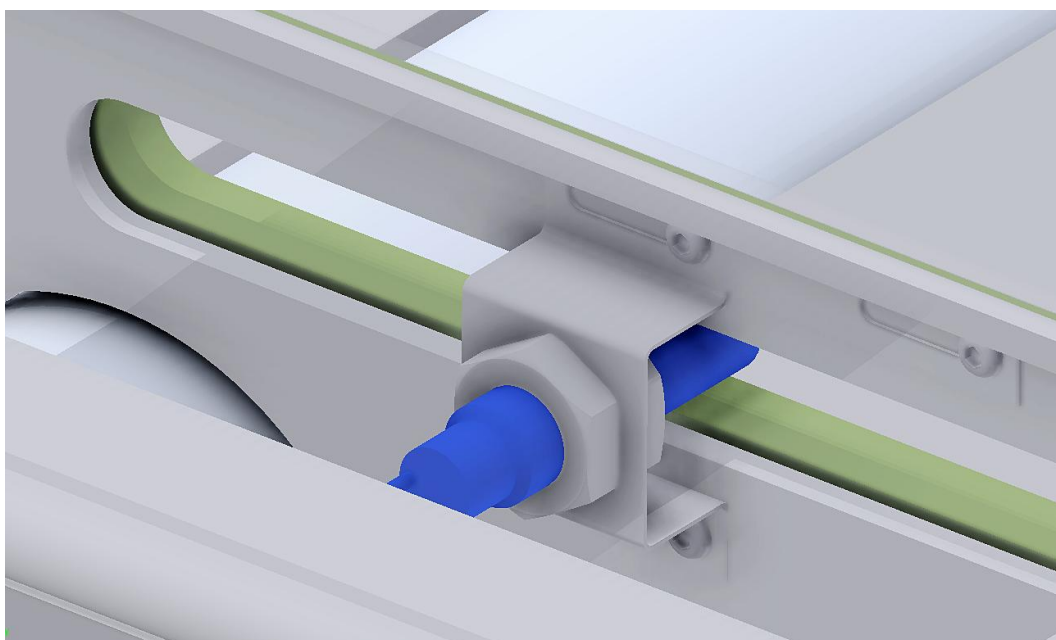
Celý modul je usazen na výškově stavitelných nohách s průměrem závitové tyče M16, ty umožňují nastavit pracovní výšku modulu v rozmezí od 700-800 mm.



Obr. 65 Výškově stavitelné nohy.

8.6 UCHYCENÍ SNÍMAČE

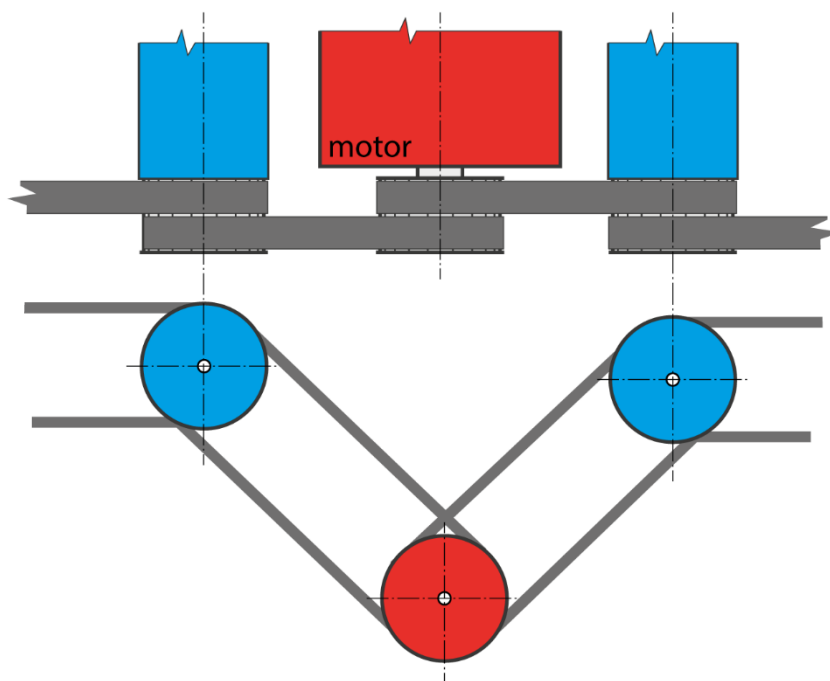
Indukční snímač je uchycen tak, aby bylo možné jeho polohování v podélném směru (směr pohybu palety).



Obr. 66 Uchycení snímače.

8.7 PŘENOS VÝKONU Z MOTORU NA VÁLEČKY

Výkon je z řemenice motoru přenášen na válečky opásáním řemene. Uspořádání řemenů je znázorněno na Obr. 67.



Obr. 67 Přenos výkonu z motoru na válečky.



Obr. 68 Přenos výkonu z řemenice motoru na válečky.



8.8 MONTÁŽ LINKY

Na modulu je zavedena Poka-Joke v podobě různého umístění šroubů. Šrouby jsou na pravé bočnici umístěny v jiné výšce než na bočnici levé Obr. 69. To zabrání smontovat dva moduly nesprávně.



Obr. 69 Poka-Joke pro montáž linky.

8.9 ERGONOMIE MODULU

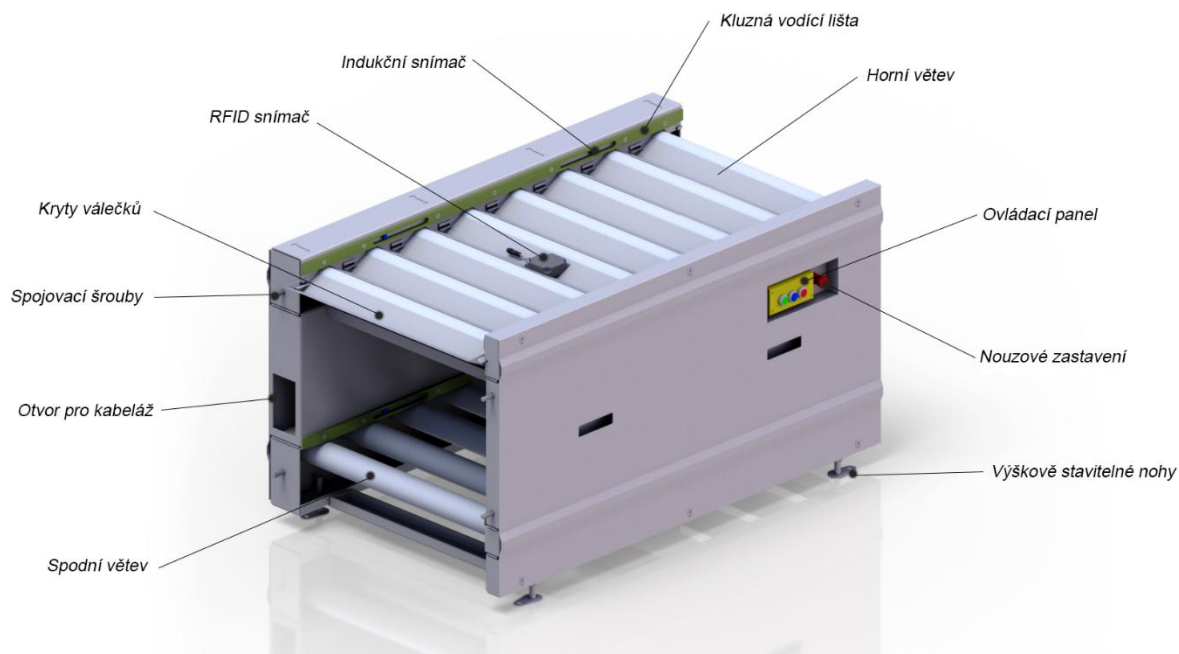
Stanovené ergonomické požadavky byly splněny. Operátor má dobrý přístup k montovanému sedadlu díky tenké bočnici a ovládací prvky jsou v dosahu jeho pravé ruky.



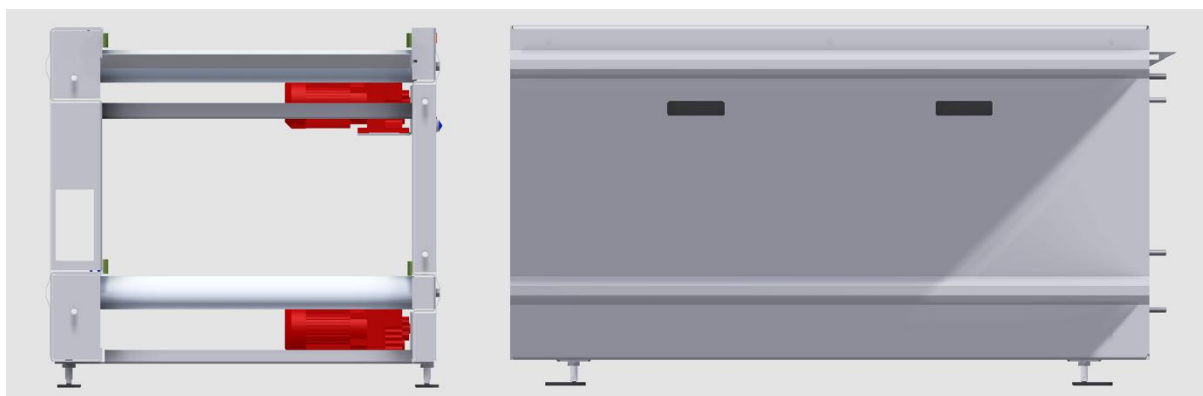
Obr. 70 Modul dopravníku.



8.10 VÝSLEDNÝ NÁVRH KONSTRUKCE



Obr. 71 Popis navržené konstrukce modulárního dopravníku.



Obr. 72 Uložení motoru.



ZÁVĚR

V první části se práce věnuje konstrukčním celkům u současných válečkových dopravníků. Jsou zde popsány jednotlivé sekce s uvedenými parametry a způsoby jejich použití.

V hlavní části jsou pak stanoveny jednotlivé funkční parametry navrhnutého modulového dopravníku. Je zvolena série dopravníkových válečků a konkrétní asynchronní elektromotor s převodovkou. V závěru práce je popsána konstrukce nosného rámu dopravníku. Pro návrh modelu byl využit software Autodesk Inventor 2013.

Diplomová práce je určena jako podkladní materiál pro přípravu výroby modulárního dopravníku. Vzletem k relativně obsáhlé rešeršní části poslouží i jako materiál pro základní orientaci v dané problematice.

Pro další využití práce by bylo vhodné zvážit různé varianty pohonu. Například variantu, kdy oba motory budou umístěny pod spodní větví a horní větev bude poháněna rozvodným řemenem. Případně variantu s využitím stejnosměrného elektromotoru s planetovou převodovkou, podobný těm, které se montují do poháněných válečků.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] GAJDUŠEK, J., ŠKOPÁN, M. Teorie dopravních a manipulačních zařízení. Brno: Ediční středisko VUT, 1988. 277s.
- [2] MALÍK, V. Válečkové tratě v teorii a praxi. 1. vyd. Brno: VUT, 126s.
- [3] DRAŽAN, F., VOŠTOVÁ, Věra. Teorie a stavba dopravníků. Praha I: Ediční středisko ČVUT, 1983. 290s.
- [4] LEINVEBER, J., ŘASA, J., Váňa, P. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Sticentia, 1999, 985s.
- [5] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., BUDYNAS, R. G. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTIUM, 2012. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [6] CSN 26 4501. Válečkové, kladičkové a kladkové tratě: Základní parametry a rozměry. Praha: Český normalizační institut, Březen 1994. 12s.
- [7] Interroll – Produkty – Válečky [online]. [vid. 25.5.2015]. Dostupné z: <http://www.interroll.com/en/interroll-group/products/products-start.php>
- [8] SEW-EURODRIVE – Produkty – Elektromotory [online]. [vid. 25.5.2015]. Dostupné z: <http://www.sew-eurodrive.cz/produkt/index.phpG>
- [9] NORD-DRIVESYSTEMS – Produkty [online]. [vid. 20.5.2015]. Dostupné z: https://www.nord.com/cms/cz/hp_home_CZ.jsp
- [10] WALTER-FLENDER – Katalogy [online]. [vid. 20.5.2015]. Dostupné z: <http://www.walther-flender.cz/katalogy.html>
- [11] STANKOWITZ [online]. STANKOWITZ TEST EQUIPMENT GmbH [vid. 15.5.2016]. Dostupné z: <http://www.stankowitz.eu/en/end-of-line-testing.html>
- [12] WTT FÖRDERTECHNIK [online]. [vid. 25.5.2015]. Dostupné z: <http://www.wtt-foerdertechnik.de/info/index.php>
- [13] UZIMEX – Automatizace a robotizace [online]. [vid. 25.5.2015]. Dostupné z: <http://www.uzimex.cz/Vyrobce/Gates/Synchronizacni-remeny-polyuretan/Poly-Chain-GT-Carbon.html>
- [14] MK-GROUP – Products [online]. [vid. 25.5.2015]. Dostupné z: <http://www.mk-group.com/en/products/conveyor-technology/roller-conveyors.html>
- [15] SIEMENS – RFID systems [online]. [vid. 12.5.2015]. Dostupné z: <http://w3.siemens.com/mcms/identification-systems/en/rfid-systems/pages/rfid-systems.aspx>
- [16] PIXSHARK [online]. [vid. 4.3.2015]. Dostupné z: <http://pixshark.com/laptop-lcd-screen.htm><http://www.walther-flender.cz/katalogy.html>



- [17] *GLOBALLUX – Technická svítidla* [online]. [vid. 20.4.2015]. Dostupné z: <http://www.globallux.cz/technicka-svitidla-prachotesna-svitidla-katskup2032.php>
- [18] *EATON-ELEKTROTECHNIKA – Produkty* [online]. [vid. 20.4.2015]. Dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-prumyslove_instalace-ovladani_signalizace-sl_signalizacni_sloupky
- [19] KOZELEK, P. *Poháněná horizontální válečková dráha*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
- [18] FENCLOVA, Z., HAVLOVÁ, D., URBAN, P. et al. *Nemoci z povolání v České republice 2014* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2015. ISSN 1804-5960. [vid. 19.5.2016]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/NZP/Hlaseni_a_odhlaseni_2015.pdf
- [19] MAREK, Jakub, SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6.
- [20] GILBERTOVÁ, S., Matoušek, O. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha. Grada Publishing a.s., 2002. str. 240. ISBN 80-247-0226-6.
- [21] JÄRVENPÄÄ, Eeva. *Product modularization*. Tampere, Finsko: TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2012.
- [22] ŠTEVKO, Gabriel. *Ergonomie na pracovištích*. Praha: © Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s., 2014
- [23] *Ergonomie*. Valeo, 2012. Interní školicí dokument
- [24] SEW EURODRIVE [online]. *Převodovky a převodové motory. Příručka*. 2006. [vid. 26.5.2016]. Dostupné z: <http://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11358955.pdf>
- [25] *Turck* [online]. © Hans TURCK GmbH Co. KG. [vid. 26.5.2016]. Dostupné z: <http://pdb2.turck.de/cz/DE/groups/>
- [26] Mont-tech s.r.o. *Interní databáze firmy* [fotografie]. Brno



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	[mm]	rozteč válečků
R_{p1}^2	[mm]	vnější průměr PVC potahu
R_{p2}^2	[mm]	vnitřní průměr PVC potahu
R_{t1}^2	[mm]	vnější průměr ocelové trubky
R_{t2}^2	[mm]	vnitřní průměr ocelové trubky
AC		alternating current – střídavý proud
CC		critical characteristics
DC		direct current – stejnosměrný proud
e	[mm]	rameno valivého odporu
f_b	[-]	servisní faktor převodovky
$f_{\dot{c}}$	[-]	součinitel smykového tření
f_l	[-]	součinitel valivého tření ložiska
F_t	[N]	třecí síla mezi válečkem a paletou
F_{th}	[N]	třecí síla mezi válečkem a paletou v horní větvi
F_{th}	[N]	třecí síla mezi válečkem a paletou v horní větvi
F_{ts}	[N]	třecí síla mezi válečkem a paletou ve spodní větvi
F_{ts}	[N]	třecí síla mezi válečkem a paletou ve spodní větvi
F_z	[N]	síla působící na zarážku
F_{zh}	[N]	síla působící na zarážku v horní větvi
F_{zs}	[N]	síla působící na zarážku ve spodní větvi
g	[ms ⁻²]	gravitační zrychlení
H	[mm]	výška průřezu ozubeného řemene
Hz		jednotka – frekvence elektrického napětí
IO		Input/Output
IP		stupeň ochrany elektrických přístrojů
k_1	[-]	počet válečků pod paletou
k_p	[-]	počet poháněných válečků pod paletou
L	[mm]	celková délka modulu
LCD		Liquid Crystal Display = Displej z tekutých krystalů
m_p	[kg]	hmotnost palety se sedačkou
Mpa		jednotka tlaku, napětí



m_v	[kg]	hmotnost rotující části válečku
m_{vp}	[kg]	hmotnost PVC potahu
m_{vt}	[kg]	hmotnost ocelového pláště válečku
N	kshod^{-1}	dopravní výkon
N		jednotka zatížení
NOK		No OK – Neshoda
n_v	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky válečku
P_{50}	[W]	teoretický výkon na výstupu z převodovky při 50 % výkonu motoru
P_{h50}	[W]	teoretický výkon na výstupu z převodovky při 50 % výkonu motoru v horní
PLC		Programmable Logic Controller = Programovatelný logický automat
P_n	[W]	jmenovitý výkon motoru
P_{s50}	[W]	teoretický výkon na výstupu z převodovky při 50 % výkonu motoru ve spodní větvi
P_t	[W]	teoretický výkon pohonu
P_{th}	[W]	teoretický výkon pohonu v horní větvi
P_{ts}	[W]	teoretický výkon pohonu ve spodní větvi
PU		PolyUretan
PVC		PolyVinylChlorid
q_v	[kg]	zatížení na jeden váleček
$r_{\check{c}}$	[mm]	poloměr čepu
RFID		Radio Frequency Identification = identifikace na rádiové frekvenci
R_v	[m]	poloměr válečku
ŘS		řídící systém
s	[-]	počet řemenových smyček
SC		significant characteristics
T	[mm]	rozteč zubů řemene
T_d	[s]	taktovací čas linky
t_m	[s]	čas montážního úkonu
t_p	[s]	čas přesunu palety
V		jednotka elektrického napětí
v_p	$[\text{ms}^{-1}]$	rychlost palety
W	[N]	celkový odpor válečků
W_{1h}	[N]	odpor od vlastní tíhu předmětu pro horní větev



W_{1s}	[N]	odpor od vlastní tíhu předmětu pro spodní větev
W_2	[N]	valivý odpor
W_{2h}	[N]	valivý odpor v horní větvi
W_{2s}	[N]	valivý odpor ve spodní větvi
W_{3h}	[N]	odpor vlivem montážních a výrobních nepředností v horní větvi
W_{3s}	[N]	odpor vlivem montážních a výrobních nepředností ve spodní větvi
z	[-]	počet předmětů na trati
Z_k	[-]	počet zubů na řemenici
Z_r	[-]	počet zubů řemene
β	[°]	úhel sklonu tratě
η_{50}	[-]	účinnost převodovky při 50% výkonu motoru
η_m	[-]	celková účinnost mechanického převodu
η_f	[-]	účinnost převodu ozubeným řemenem



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Vizualizace finálního návrhu modulárního dopravníku.

Příloha č. 2: Vizualizace naznačeného spojení modulů na montážní lince.

Příloha č. 3: Specifikace RFID snímače

Příloha č. 4: Specifikace Motoru R07DT56L4

Příloha č. 5: Specifikace Motoru R07DR63M4



Příloha č. 1: Vizualizace finálního návrhu modulárního dopravníku.





Příloha č. 2: Vizualizace naznačeného spojení modulů na montážní lince.





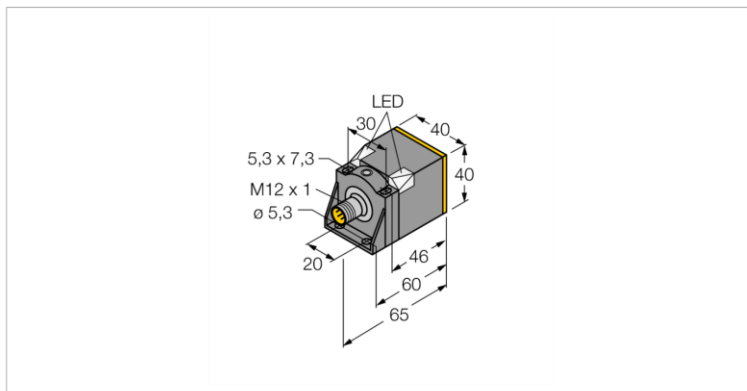
Příloha č. 3: Specifikace RFID snímače

**BL
ident®**
Read/write head

TN-CK40-H1147/S1126

TURCK

Industrial
Automation



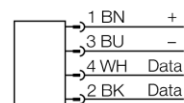
Type	TN-CK40-H1147/S1126
Ident-No.	7030216
Mounting condition	non-flush, flush mountable
Ambient temperature	-25...+70 °C
Operating voltage	10...30VDC
DC rated operational current	≤ 80 mA
Data transfer	inductive coupling
Operating frequency	13.56 MHz
Radio communication and protocol standards	ISO 15693
Read/write distance max.	115 mm
Output function	4-wire, read/write
Design	rectangular, CK40
Dimensions	65x 40x 40mm
Housing diameter	40 mm
Housing material	Plastic, PBT-GF30-V0, black
Material active face	Plastic, PA6-GF30, yellow
Connection	male, M12 x 1
Vibration resistance	55 Hz (1 mm)
Shock resistance	30 g (11 ms)
Protection class	IP67
MTTF	248 years acc. to SN 29500 (Ed. 99) 40 °C
Operating voltage	LED green
Included in scope of supply	BS4-CK40

- Rectangular, height 40 mm
- Read/write head (5 positions)
- Plastic, PBT-GF30-V0
- Every read/write head can communicate with a number of different TURCK data carriers.
- Powered and operated only via BL ident interface module
- Male M12 x 1, only for use with BL ident extension cable

Connectors .../S2503



Connectors .../S2500



Connectors .../S2501



Functional principle

The HF read/write heads operating at a frequency of 13.56 MHz form a transmission zone the size of which (0...500 mm) varies, depending on the combination of read/write head and data carrier.

The read/write distances mentioned here only represent standard values measured under laboratory conditions.

The read/write distances of the data carriers for mounting in metal TW-R**-M(MF) were determined in metal.

Attainable distances may vary by up to 30 % due to component tolerances, mounting conditions, ambient conditions and material qualities (especially when mounted in metal)

Testing of the application under real operating conditions is therefore essential, especially with read/write on-the-fly!



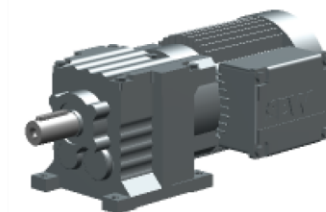
Příloha č. 4: Specifikace Motoru R07DT56L4

Product information



AC gearmotor

R07DT56L4



Rated motor speed	[1/min] : 1300
Output speed	[1/min] : 144
Overall gear ratio	: 9,01
Output torque	[Nm] : 7,9
Service factor SEW-FB	: 6,30
Mounting position	: M1
Base / top coat	: 7031 Blue Grey (20070310)
Position of connector/terminal box	[°] : 0
Cable entry/connector position	: X
Output shaft	[mm] : 20x40
Permitted output overhung load with n=1400	[N] : 1030
Lubricant quantity 1st gear unit	[Liter] : 0,12
Motor power	[kW] : 0,12
Duration factor	: S1-100%
Efficiency (50/75/100% P _n)	[%] : 55 / 62,9 / 62,5
CE mark	: Yes
Motor voltage	[V] : 400
Wiring diagram	: DT10
Frequency	[Hz] : 50
Rated current	[A] : 0,42 / 0,42
Cos Phi	: 0,68
Thermal class	: B
Motor protection type	: IP55
Net weight	[Kg] : 7

Additional feature and Options:
Enclosure IP 55 - standard motor

The technical data are subject to a final technical inspection.
This inspection is made upon the creation of a quotation/an offer.
You can find the exact net weight on the order confirmation. For technical reasons, the real weight may differ from this information.
Created on: 2016-05-26 13:08:38 / Jaroslav Winter / VUT
DC Version 2.20 HF3

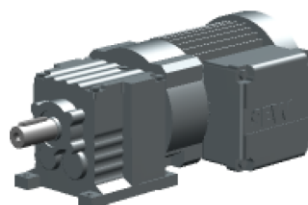


Příloha č. 5: Specifikace Motoru R07DR63M4

Product information



AC gearmotor

R07DR63M4

Rated motor speed	[1/min] : 1320
Output speed	[1/min] : 146
Overall gear ratio	: 9,01
Output torque	[Nm] : 12
Service factor SEW-FB	: 4,30
Mounting position	: M1
Base / top coat	: 7031 Blue Grey (20070310)
Position of connector/terminal box	[°] : 0
Cable entry/connector position	: X
Output shaft	[mm] : 20x40
Permitted output overhung load with n=1400	[N] : 990
Lubricant quantity 1st gear unit	[Liter] : 0,12
Motor power	[kW] : 0,18
Duration factor	: S1-100%
Efficiency (50/75/100% P _n)	[%] : 55,7 / 61,2 / 61
CE mark	: Yes
Motor voltage	[V] : 230/400
Wiring diagram	: DT13
Frequency	[Hz] : 50
Rated current	[A] : 0,95 / 0,55
Cos Phi	: 0,78
Thermal class	: B
Motor protection type	: IP55
Net weight	[Kg] : 7

Additional feature and Options:

Enclosure IP 55 - standard motor

The technical data are subject to a final technical inspection.
This inspection is made upon the creation of a quotation/an offer.
You can find the exact net weight on the order confirmation. For technical reasons, the real weight may differ from this information.
Created on: 2016-05-26 14:20:17 / Jaroslav Winter / VUT
DC Version 2.20 HF3